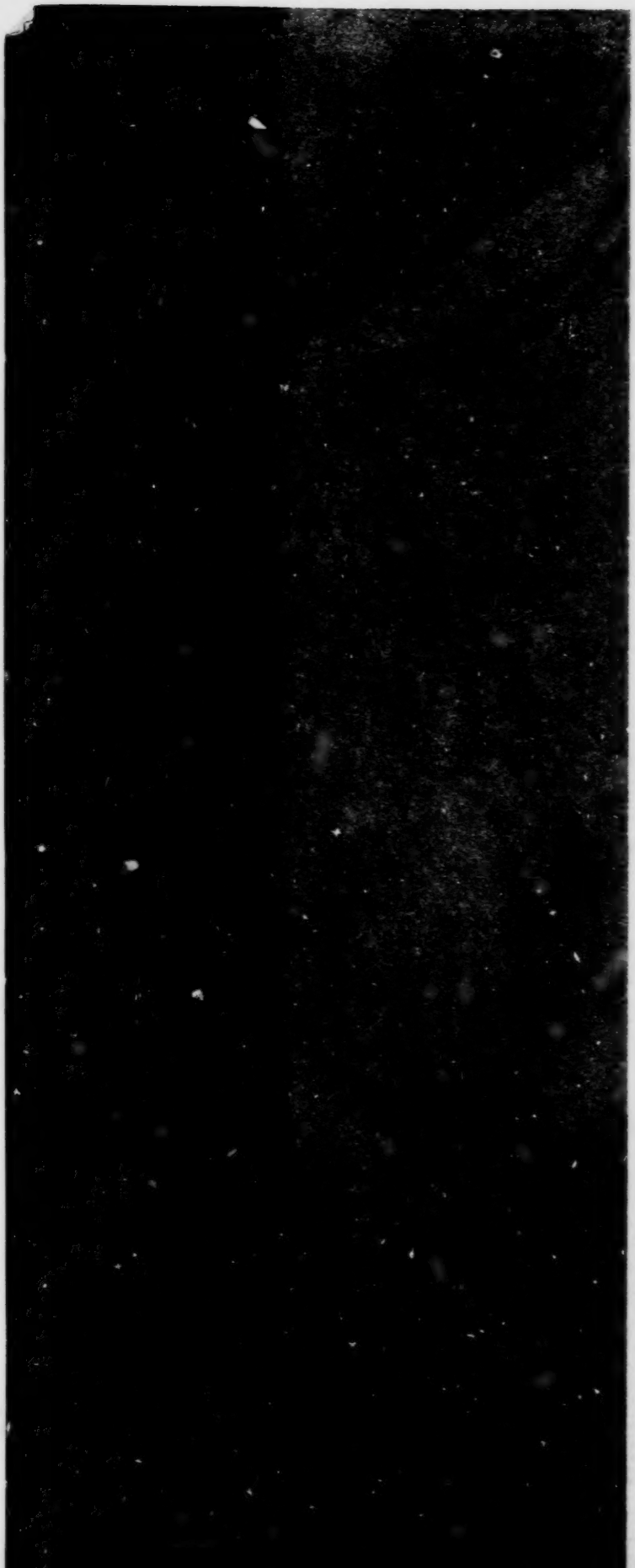


MRI 84/4

MINERAL POLICY SECTOR
INTERNAL REPORT

DRILLING EQUIPMENT IN CANADIAN MINING AND EXPLORATION - OPPORTUNITIES FOR THE INDUSTRY

Canada

CANADA

DEPARTMENT OF ENERGY, MINES AND RESOURCES

OTTAWA

Mineral Policy Sector Internal Report
MRI 84/

DRILLING EQUIPMENT IN CANADIAN MINING AND EXPLORATION - OPPORTUNITIES FOR THE INDUSTRY

by

A.J. Jakubek
Resource Policy Division
Mineral Policy Sector

October 1983

ACKNOWLEDGEMENT

Mr. D.B. Gladwin (CANMET) provided many constructive ideas on an earlier draft of this paper, and was especially helpful in the formulation of the recommendations for R&D. His suggestions are gratefully acknowledged.

PREFACE

Most of those familiar with the drilling machinery used in the Canadian mineral exploration and hard-rock mining industry will agree that a surprisingly small proportion of that equipment is manufactured in Canada. There will be much less agreement on what might be done about this and how to do it. Wide discussion on the subject is clearly needed.

This paper, which essentially reflects the views of the author - a drilling engineer with long and varied international experience - is offered as a stimulant toward such discussion of opportunities in domestic design and manufacture. The report does not presume to be an all-encompassing treatment of the subject and all the alternatives that might be considered. It is simply presented as an opening statement in an area that surely merits serious attention by Canadians.

C.G. Miller
Assistant Deputy Minister
(Mineral Policy)

ABSTRACT

This report looks at the present and foreseen uses of drilling machinery for mining and for mineral exploration (excluding oil and gas). It traces the manufacturing sources of drilling machinery used in Canada and considers the prospects for more domestic manufacture. It points out special opportunities for domestic mining equipment manufacturers for expanding Canada's modest product lines in drilling equipment. Such opportunities lie mainly in specialization in promising equipment that represents the leading technology with the highest development potential.

In the mineral industry, drilling is done basically for two purposes, i.e., for obtaining geological information (exploration drilling) and for fragmenting rock (production drilling and blasting).

In exploration drilling, the object is to obtain reliable information on rock that is not otherwise accessible. The diamond drill, which permits recovery of a solid core sample of the rock penetrated, is the most common tool for this purpose at present. Diamond drilling is by far the most expensive way of drilling. Of the total metres drilled in Canada per year in mineral exploration drilling and production drilling together - a distance equivalent to six holes to the centre of the earth - only 5 per cent is done with diamond drills.

In mine production drilling, the primary purpose is to provide holes for blasting charges. In underground mines, the so-called percussive drill is the normal tool for this. This is a rotary drill with the addition of percussive hammer action. In surface mines, where larger blastholes are used, the rotary blasthole drill is currently the main tool.

In mine development (in preparation of production), the object of drilling is the following: 1) to outline the limits of the orebody more accurately and to determine its volume and grade, and, if necessary, 2) to create access to the orebody for production purposes. The former is comparable to exploration drilling, the latter to production drilling. Accordingly, the drilling tools used are diamond drills or (in surface development) small rotary drills for the exploratory part of development, while percussive drills are used for providing access.

Canadian industry buys some $260 million (1981) worth of drilling machinery and parts per year, for use in the search for, and mining of, metals, uranium, coal and industrial minerals. Only one-third of this machinery is made in Canada ($87 million); over $170 million worth is imported.

In addition to $87 million worth of drilling machinery for domestic use, Canadian manufacturers produced $60 million worth of such equipment for export, so that total domestic manufacture amounted to $147 million in 1981.

Thus, we export much less drilling machinery for mining than we import, with an annual deficit of about $110 million (1981). Only in exploration drilling equipment do exports exceed imports ($11 million vs $6 million in 1981). The dozen or so domestic manufacturers of drilling equipment for mineral exploration (ie diamond drills or parts) are mostly subsidiaries of foreign firms. Diamond drill rigs are the only completely assembled drill rigs available from Canadian manufacturers. The size of the world market for diamond drills, beyond Canada, into which we export $11 million, is of the order of $100 million.

Apart from diamond drills and associated parts, domestic production of drilling equipment consists chiefly of drill rods, drill bits, light air-driven percussive hammers, and carriers for certain mechanized drill rigs for underground mining. All other drilling machinery for underground mining is, and always has been, imported. All drill rigs used in surface mining also are, and always have been, imported. That is to say, Canada does not produce any of the large variety of percussive drill rigs used in mine development and mine production, nor any rotary blasthole drills for surface mine production. Most of this equipment is imported from the United States, some from Sweden and Belgium. The largest category of Canada's export products is drill rods, drill bits, and percussive hammers, which find their way all over the world ($46 million in 1981).

If Canada is to be successful in expanding its manufacture of drilling equipment, careful consideration should be given to the choice of items to be produced. The greatest promise lies in specialization in selected high-technology items that appear to be the products required in the immediate future.

In diamond drills, the greatest recent advance (late 1970s) has been the introduction of a fully hydraulic-hydrostatic model, which has a number of significant advantages over the conventional type with mechanized power transmission.

In surface mining, the trend toward blastholes of ever-larger diameter has peaked, and with it the trend for ever-larger and more powerful rotary drill rigs. In some types of Canadian surface mines, promise seems to lie in the use of smaller machines that are simpler to operate and maintain, less expensive, and more mobile. In the author's opinion, the machine that meets these requirements and gives high penetration rates at low cost is the crawler-mounted percussive drill rig using down-the-hole hammers at high air pressure. In down-the-hole systems, the pneumatically driven hammer accompanies the drill bit down the hole, so that power is not lost in transmission through a drill string. Whether down-the-hole percussive drilling will find wide application in Canadian open-pit mining depends on whether the latest European mining methods which successfully employ such drilling will be adapted to Canadian conditions. Professional judgement on this currently varies.

In underground mining, the trend is away from the concept of single hand-held drills and toward the use of mechanized drill rigs, such as "drifting jumbos" with one or more percussive hammers, each mounted on a

separate boom. The most significant recent advance in such machinery, for fast drilling of relatively short holes, is the use of hydraulically-driven, instead of air-driven, hammers. In the author's opinion, air-powered hand-held hammers will be largely replaced in Canada during the 1980s by mechanized hydraulically-driven drill rigs. For the drilling of long, straight holes of large diameter, which permits some novel mining methods, down-the-hole drilling with high-pressure hammers will find increasing use in the very near future.

The total domestic 1981 market for drilling equipment (about $260 million) can be broken down into some $30 million for exploration (ie, diamond drills), $70 million for surface mining, and $160 million for underground mining. By the end of this decade, these domestic markets for drilling equipment may have grown to about $35 million per year for exploration, some $115 million for surface mining, and some $290 million for underground mining, amounting to a total of the order of $440 million (1981 dollars). Exports may climb from $60 million in 1981 to some $80 million by 1990 on the basis of today's product lines, but could be expanded much further with selected new product lines.

The author offers recommendations both on possible expansions to domestic manufacture and on domestic R&D. His manufacturing recommendations have narrowed the field to four types of drilling machinery at the leading edge of technology in practical use. His recommendations on R&D focus on the same areas.

CONTENTS

		Page
INTRODUCTION		1
PART 1	THE CURRENT SITUATION	2
CHAPTER I.	DRILLING EQUIPMENT	2
	A. In World-Wide Use	2
	B. Used in Canada	8
	C. Imports	16
	D. Exports	27
PART 2	LOOKING TOWARD THE FUTURE	34
CHAPTER II.	TRENDS IN DRILLING TECHNOLOGY	34
	A. Mineral Exploration Drilling	34
	B. Drilling in Surface Mining	37
	C. Drilling in Underground Mining	38
CHAPTER III.	PROSPECTIVE MARKETS	39
	A. General	39
	B. Prospective Markets in Existing Domestic Operations	40
	C. Prospective Export Sales	41
	D. Markets in Possible New Mining Operations	42
	E. Outlook for the Future	45
CHAPTER IV.	OPPURTUNITIES IN DRILLING EQUIPMENT MANUFACTURE	45
	A. For Mineral Exploration	45
	B. For Surface Mines	45
	C. For Underground Mines	48
	D. Longer-Term Opportunities Requiring Research and Development	49
CHAPTER V.	RECOMMENDATIONS	49
	A. Recommendations on Domestic Manufacture	49
	B. Recommendations and Opportunities for R&D	50
GENERAL REFERENCES		53
PRODUCT CATALOGUES		55
APPENDIX	Drilling Equipment Employed at Canadian Underground Mines, by Country of Origin and Manufacturer	59

Page

TABLES

1. Order-of-Magnitude Costs of Drilling Equipment for Mineral Exploration, 1981 — 3

2. Order-of-Magnitude Costs of Drilling Equipment for Surface Mines, 1981 — 7

3. Order-of-Magnitude Costs of Drilling Equipment for Underground Mines, 1981 — 9

4. Canada, Principal Manufacturers of Drilling Equipment for Mineral Exploration — 10

5. Canada, Minimum Number of Rotary Drill Rigs at Surface Mines in 1981 — 12

6. Canada, Minimum Number of Percussive Drill Rigs at Surface Mines — 13

7. Canada, Principal Manufacturers of Mine Production Drilling Equipment — 14

8. Canada, Imports of Drilling Machinery, 1979-81, and Estimated Distribution by End Use — 17

9. Canada, Exports of Drilling Machinery 1979-81, and Estimated Distribution by End Use — 28

10. Canada, Number of Deposits That Might be Brought into Production, 1984-90 — 43

11. Canada, Estimated Demand for Surface Mining Drilling Equipment in Possible New Mining Operations, 1984-90 — 44

12. Canada, Estimated Demand for Underground Drilling Equipment in Possible New Mining Operations, 1984-90 — 46

13. Canada, Estimated Markets for Drilling Machinery and Parts, 1981 and 1990 — 47

14. Canada, Estimated Current and Prospective Export Sales of Drilling Machinery and Equipment — 47

Page

FIGURES

1. Down-the-hole (DTH) Hammer 6

2. Canada, Imports of Drilling Equipment, 1979-81 18

3. Canada, 1979-81 Average Imports of Earth Drilling and Related Machinery and Parts, nes (Cat: 52119) 19

4. Canada, 1979-81 Average Imports of Rock Drill Parts, nes (Cat: 52105) 20

5. Canada, 1979-81 Average Imports of Rock Drills, nes (Cat: 52103) 22

6. Canada, 1979-81 Average Imports of Rock Drill Bits, nes (Cat: 52107) 23

7. Canada, 1979-81 Average Imports of Rock Drill Bits, nes (Cat: 52112) 24

8. Canada, 1979-81 Average Imports of Core Drills and Core Drill Bits and Parts (Cat: 52101) 25

9. Canada, Exports of Drilling Equipment, 1979-81 29

10. Canada, 1979-81 Average Exports of Core Drills and Core Drill Bits and Parts (Cat: 52101) 31

11. Canada, 1979-81 Average Exports of Rock Drills (Hammers) and Parts (Cat: 52104) 32

12. Canada, 1979-81 Average Exports of Rock Drill Bits (Cat: 52112) 33

INTRODUCTION

In its mineral policy considerations, Energy, Mines and Resources has given serious attention to the subject of mining equipment and machinery (6)[1]. This report looks at some of this equipment, namely drilling machinery for mining and exploration, which presents special opportunities to domestic mining equipment manufacturers. It examines the uses of such machinery in Canada, its sources, and the prospects for future uses and manufacture by the Canadian mineral industry.

Drilling is a key activity in both surface and underground mining. Over the 1976-1980 period, annual production drilling at Canadian mines averaged some 35 million metres (m). A further 2 million m were drilled in mineral exploration ("mineral" excludes oil and gas in this report), in the search for new deposits as well as in the delineation of known deposits. The total of 37 million m is equivalent to six holes to the centre of the earth. Yet, Canada's drilling equipment manufacturing industry supplies only one third of the drilling equipment employed by the domestic mining industry.

There are many types of drilling machinery in use, designed for different purposes. In mining, the purpose of most drilling is to assist in mine development and in production, for example, by providing blastholes necessary for fragmenting rock and by tunnelling. In exploratory activities, the main purpose of drilling is to obtain reliable rock samples; for that reason, the diamond drill is commonly used in exploration, because it permits recovery of a solid core sample of the rock through which it passes.

Because of the diverse purposes of drilling, all its aspects discussed in this report are presented as they relate to exploration, surface mining and underground mining.

Part 1 describes the current situation. Part 2 looks toward the future.

---

[1] Number in bracket refers to references on page 55.

PART 1

THE CURRENT SITUATION

CHAPTER I. DRILLING EQUIPMENT

A. In World-Wide Use

A.1 In Mineral Exploration

Three kinds of drill rig are used in mineral exploration: the diamond drill rig, the rotary drill rig, and the percussive drill rig. The last two are primarily used in mining operations, but they have found some applications in exploration as well.

A.1.1 The Diamond Drill Rig

The diamond drill is the most important tool in exploration drilling. It produces a cylindrical core of rock, a sample of the ground through which the bit penetrates.

The conventional diamond drill rig consists of a frame, a power unit, a transmission, a drilling pump, an hydraulically operated swivelhead on a front casting, a hoist, and drill rods with a core barrel and a diamond bit.

There are two basic methods of core recovery:

i) the traditional method in which drill rods are withdrawn from the hole in lengths of 1.5, 3 or 6 m to permit core removal; and

ii) the wireline method, in which the inner tube of the core barrel is dropped and retracted within the drill rods so that core is recovered without the necessity of pulling the rods out of the hole.

Modern diamond drills use a hydrostatic drive, which, unlike a mechanical drive with transmission gears, permits continuously variable regulation of rotation speed and torque. These modern units are light and easy to operate and transport.

Order-of-magnitude costs for diamond drilling equipment are given in Table 1.

A.1.2 The Rotary (Top Drive Head) Drill Rig

The rotary drill rig consists of a carrier (truck, trailer, or crawler), a prime mover, and a drilling mud pump or compressor or both. An hydraulic motor (top drive head) is affixed to the drill mast and imparts rotation directly to the drill rods. It is connected to the roller chain feed activated by two hydraulic cylinders and applies a down-thrust to the drill bit via drill rods. The top head drive travels (slides) from the top to the bottom of the mast.

Because it attacks the rock by a combination of rotation and thrust it has to be powerful in order to supply sufficient torque to the bit and must be heavy to overcome the rock strength.

In soft sedimentary formations a drag bit may be used, which consists of four tungsten carbide-tipped blades that tear or rip the rock at the bottom of the hole. The debris produced is then flushed out from the hole by compressed air, water or mud induced through the drill rods to the bit.

TABLE 1

Order-of-Magnitude Costs of Drilling Equipment for Mineral Exploration, 1981[1]

Equipment	Cost $
Diamond drill rig	
Fully equipped, designed to drill to 600 m, wireline drill rods, 36 mm core	
a) Conventional drive	150,000
b) Hydraulic drive	180,000
Core barrel, BQ wireline	800
Diamond drill bit	
36 mm core	
a) Impregnated type	325
b) Surface set type	375-595

Source: Longyear Canada Inc., North Bay, Ontario.
[1] fob Canadian plant.

In hard igneous rocks a tricone bit is used. It has three conical wheels, studded generally with tungsten carbide inserts, which crush the rock as they are rotated under considerable down-thrust. The bit is flushed by air, mud or water.

The rotary drilling method produces cuttings rather than core. Rotary drills are the only machines capable of handling the double-wall reverse circulation method in which the circulating medium (air, fluid or both), is flushed down the space between the outer and the inner rods and the drilling chips are removed through the centre pipe. The reverse circulation drilling method is used to provide chip samples from medium to hard or fractured rock formations. In this case modified tricone bits are used.

In mineral exploration, rotary rigs are best used to obtain rock samples from soft to medium-hard formations, which they can penetrate to depths of over 1 000 m.

In loose, soft formations such as sand, gravel, clay and shale, a continuous flight-auger with a hard metal cutting bit is used. The soil is brought to the surface by the rotating flights. The advantage of the auger technique is that no flushing medium is needed for drilling shallow holes of no more than a few dozen m.

A.1.3 The Mechanized Percussive Drill Rig

Mechanized percussive drill rigs have found an increasing use in mineral exploration. Like rotary drilling, percussive drilling provides only cutting samples. The drilling action is similar to that in the rotary method, but percussive action is added by means of a pneumatic or a hydraulic "hammer". Percussive drill rigs are much lighter than rotary drill rigs, and are generally crawler-mounted. Mechanized percussive drill rigs can be divided into two basic types:

i) Top hammer percussive drill rigs; and
ii) Down-the-hole drill rigs[1]

A top hammer percussive drill rig is made up of a carrier, a prime mover, a mast, a hoist, a heavy percussive hammer (known also as a "rock drill" or "drifter"), and a compressor. In some models, a separate hydraulic motor is used to rotate the drill string. The mast can be positioned to drill holes at various angles.

A disadvantage of top hammer percussive drill rigs is that, as each drill rod is added, the impact energy gets farther from the drill bit, which causes a rapid drop-off in performance and limits this method to shallow holes.

---

[1] Also known as "in-the-hole" and "downhole" drill rigs.

In exploration, top hammer percussive drill rigs are particularly useful for obtaining rock cuttings from small diameter (up to 102 mm) holes drilled in medium to hard formations to a depth of some 120 m.

Down-the-hole drill rigs are mechanically similar to top hammer percussive drill rigs, except that the pneumatically-driven hammer is not fastened to the drill mast but accompanies the drill bit down the hole. Down-the-hole drill rigs require a separate motor for rotation of the drill string.

During the drilling, the piston of the "down-the-hole" hammer (Figure 1) strikes directly on the bit; no power is lost in transmission of the energy along the drill string. There is almost no loss of penetration with hole depth. High-pressure air is required for best performance. Maximum use of the air is achieved, as exhaust air from the hammer also serves to evacuate cuttings through the space between the drill rods and the hole wall. No other circulating medium is required, and holes can be drilled to some 300 m at any angle. Because down-the-hole hammers operate with minimum downthrust and torque, downhole drills do not require powerful rotation heads and heavy pull-down.

In general, down-the-hole drill rigs are best suited for recovering drill cuttings from large diameter (in excess of 102 mm) holes drilled to depths of up to 200 m.

A.2 In Surface Mining

Drills are used in two surface mining activities: mine development drilling and production blasthole drilling. Development drilling is directed towards determining the grade, volume, and three-dimensional outline of a mineralized zone previously located by exploration. It is distinguished from exploration, the objective of which is the discovery of new mineralized areas.

Development drilling equipment includes diamond drill rigs, small rotary drill rigs, and top mounted and downhole percussive drill rigs, equivalent to those used in exploration and described above.

Blasthole drilling is the first production stage in open-pit mining. At present, primarily heavy-duty rotary drills are used for this purpose. These are more robust than those used for exploration purposes, and are capable of drilling large diameter blastholes at a fast pace. They feature automatic drill rod handling, quick set-up and rapid hoisting and lowering of large-diameter drill rods. For drilling blastholes of small diameter, both types of mechanized percussive rock drills are used.

Order-of-magnitude costs for this equipment are given in Table 2.

A.3 In Underground Mining

Percussive drilling is the principal method used for development and production drilling in underground mines.

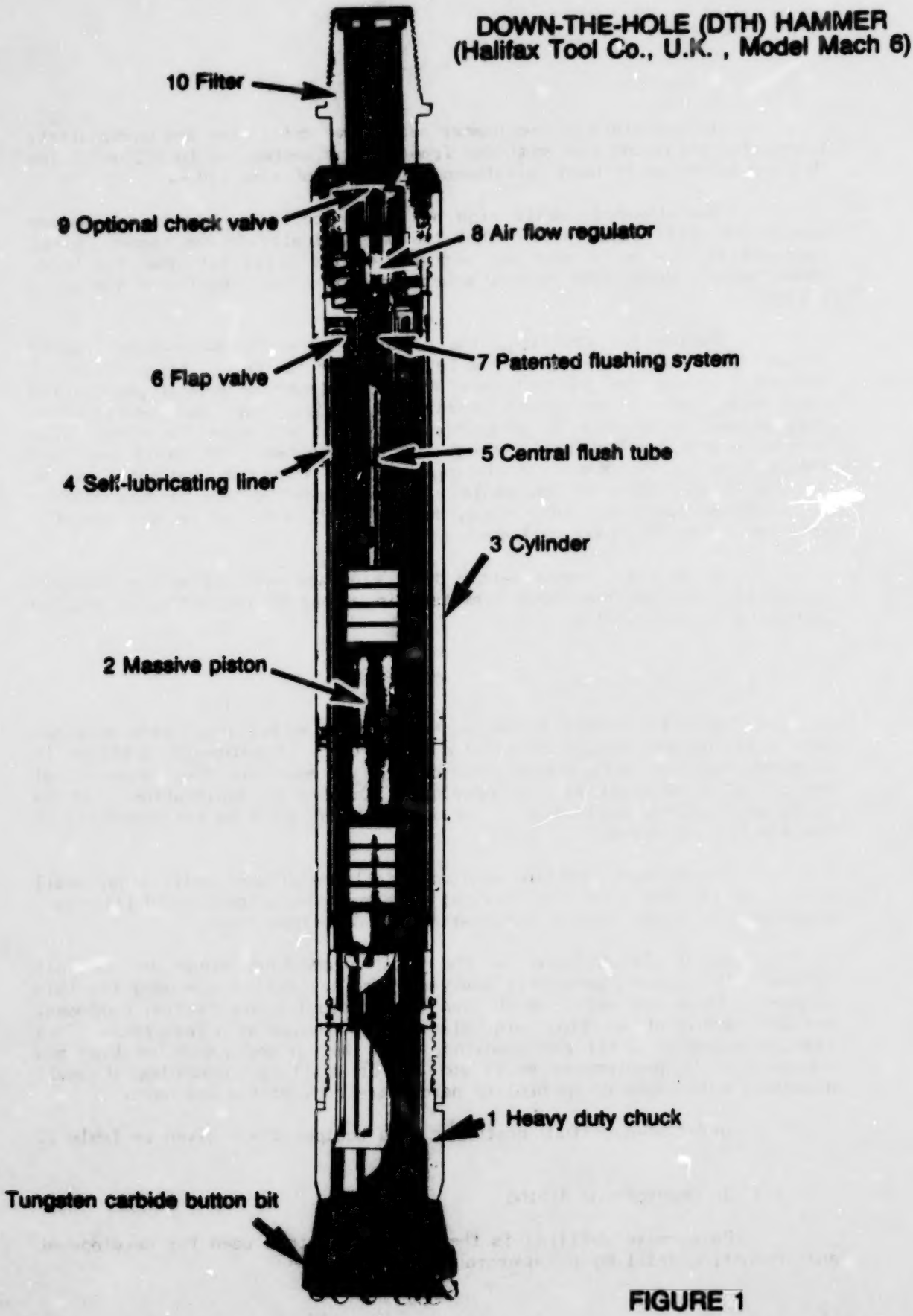

DOWN-THE-HOLE (DTH) HAMMER
(Halifax Tool Co., U.K. , Model Mach 6)
10 Filter
9 Optional check valve
8 Air flow regulator
6 Flap valve
7 Patented flushing system
4 Self-lubricating liner
5 Central flush tube
3 Cylinder
2 Massive piston
1 Heavy duty chuck
Tungsten carbide button bit

FIGURE 1

TABLE 2

Order-of-Magnitude Costs of Drilling Equipment for Surface Mines, 1981[1]

Equipment	Cost $
Rotary drill rig	
a) Rotary (top head drive) drill	
Medium size, crawler-mounted, with DC electric drive and basic equipment; designed to drill holes from 171 mm to 270 mm, in diameter	835,000
b) Tricone bit	
i) tooth bit, 171 mm in diameter	1,360
ii) button bit, 270 mm in diameter	4,000-4,700
Percussive drill rig	
a) Percussive (top head drive) drill rig	
Mechanized, basic equipment, compressor, drill rods, dust collector	
i) equipped with pneumatic hammer designed to drill 75 mm holes (including compressor)	250,000
ii) equipped with hydraulic hammer designed to drill 89 mm holes	275,000
iii) equipped with hydraulic hammer designed to drill 114 mm holes	348,000
Downhole drill rig	
a) Downhole drill	
Medium size, crawler-mounted including compressor, 10 drill rods, dust collector	238,000
b) Down-the-hole hammer	
i) for 114 mm hole	4,000
ii) for 165 mm hole	8,000
c) Bit for DTH hammer	
i) for 114 mm hole	460-650
ii) for 165 mm hole	820-1,025

[1] fob Canadian plant or importer's warehouse in Canada.

The large variety of drilling equipment available for underground mining can be divided into five categories: 1) underground diamond drill rigs; 2) light hand-held hammers; 3) mechanized drifting jumbos; 4) production drill rigs; and 5) raise bore machines.

The underground diamond drill rig is the standard tool for obtaining advanced geological information vital for the mine's development and long-range planning.

For development drilling the type used is governed by heading size, the strength of the ore and rock and the size of the loading equipment to be used. In large headings, multi-boom crawler or rubber tired mounted jumbos are used. The number of booms ranges from one to four, and carrier power units can be diesel or electric. The actual drilling machines - percussive hammers of various designs - are powered by compressed air or, more recently, by hydraulic fluid. In small headings, hand-held percussive hammers mounted on pusher legs, or small jumbo drills with usually one shorter boom, or rail-mounted long toms are used.

For production (stope) drilling, the type of equipment used is governed by the mining method. Generally, airleg-mounted light percussive drills (jacklegs and stopers) are used in shrinkage stoping, square-set, and overhand stoping (2, 19).

In room-and-pillar mining and cut-and-fill stoping, drilling jumbos and mechanized wagon drills equipped with percussive hammers are used. Modified drifting jumbos are also used for rock bolting.

In sublevel stoping and caving, mechanized fandrill and ringdrill rigs with percussive hammers mounted on specially adapted carriers are used.

Down-the-hole drills using down-the-hole pneumatic hammers are used in sublevel retreat, blasthole stoping and, more recently, in vertical-crater retreat mining.

Order-of-magnitude costs of underground mining equipment are shown in Table 3.

B. Used in Canada

The Canadian mining industry uses all of the kinds of drilling machinery described above. However, Canadian manufacturers make only a few of these machines as complete assemblages.

B.1 In Mineral Exploration

Some 800 surface and underground diamond drill rigs used for exploration purposes are currently owned by Canadian drilling contractors. Most of these are conventional diamond-drill rigs made in Canada by one of the three major domestic diamond-drill manufacturers: Dresser Canada,

TABLE 3

Order-of-Magnitude Costs of Drilling Equipment for Underground Mines, 1981[1]

Equipment	Cost $
Hammer	
a) light-duty percussive, pneumatically driven, including pusher leg; designed to drill 45 mm diameter hole	4,500
b) heavy-duty percussive, hydraulically driven, designed to drill 89 mm holes	30,000
Mechanized Drill Rig	
Percussive (top drive), hydraulically-driven, 3-wheel rubber-tired; designed to drill holes up to 100 mm in diameter, complete unit	266,000
Wagon drill	
For ring drilling, 1 boom; air-powered, designed to drill holes up to 50 mm in diameter (exclusive of compressor and drill steel)	80,000
Drifting jumbo	
Medium size, 2-boom unit, two pneumatically driven hammers; designed to drill 38 mm holes, complete unit	250,000
Drifting jumbo	
Medium size, 2-boom unit, two hydraulically driven hammers; designed to drill 38 mm holes, complete unit	300,000
Diamond drill (underground)	
Medium size, fully mechanized	150,000
Down-hole drill	
Medium size, crawler-mounted, with ten 89 mm in diameter drill rods, and down-the-hole hammer for drilling 165 mm holes, complete unit	225,000

1 fob Canadian plant or importer's warehouse in Canada.

TABLE 4

Canada, Principal Manufacturers of Drilling Equipment for Mineral Exploration

Company	Location of Plant	Nature of Products	Remarks
Boyles Operation, Dresser Canada, Inc. 256 Hughes Rd. Box 460 Orillia, Ont. L3V 6K3	Orillia, Ont.	Complete range of conventional surface and underground diamond drills with rated depth capacity from 45 m to 1 720 m. Drill rods, drilling pumps, and other drilling accessories	Subsidiary of Dresser Industries, Inc., U.S.A.
Christensen Diamond Products (Canada) Ltd. 505 4th Ave. S.W. Calgary, Alta.	Calgary, Alta.	Double and triple tube core barrels and diamond bits for special applications	Subsidiary of Christensen Diamin Tools Inc., U.S.A.
Drill Systems Inc. 111 58th Ave. S.W., Calgary, Alta.	Calgary, Alta.	Double-wall drill rods and other accessories for reverse circulation drilling method. (Also converts top drive rotary drills to permit use of reverse circulation method)	Subsidiary of Turbo Resources Limited, Canada
Fordia Limited 2710 De Miniac St. Laurent, Que.	St. Laurent, Que.	Diamond bits	
Heath & Sherwood (1964) Limited	Kirkland Lake, Ont.	Diamond drills for deep hole (up to 4 700 m) drilling	Subsidiary of Turbo Resources Limited, Canada
Hydracore Drills Ltd. 12511 No. 2 Rd. Richmond, B.C.	Richmond, B.C.	Diamond drills for shallow (up to 60 m) exploration drilling	
Lamage Limited 845 Jet Ave. North Bay, Ont.	North Bay, Ont.	Diamond bits	
Longyear Canada Inc. 1111 Main St. W. North Bay, Ont.	North Bay, Ont.	Complete range of conventional surface and underground diamond drills. Several models of hydrostatic diamond bits, core barrels wire-line drill rods, labour-saving devices	Subsidiary of Boart International Luxembourg S.A.H., South Africa
Pilot Diamond Tools Limited Tower Drive North Bay, Ont.	North Bay, Ont.	Diamond bits	
J.K. Smit & Sons Diamond Products Ltd. 81 Tycos Drive Toronto, Ont.	North Bay, Ont. Toronto, Ont.	Complete range of diamond drills with capacity up to 450 m. Double tube core barrels, drill rods, diamond bits. Custom made lightweight diamond drill and accessories	
Trend Rock Bit International Ltd. 524 Culduthel Rd. Victoria, B.C.	Victoria, B.C.	Rotary tricone bits	
Westdrill Equipment 877 Derwent Way New Westminster, B.C.	New Westminster, B.C.	Diamond drills with rated depth capacity of 1 680 m, drill rods, casings, core barrels, diamond products	
Wheel Trueing Tool Company of Canada Limited 574 Langlois Windsor, Ont.	Windsor, Ont.	Diamond bits	Subsidiary of Diament Boart, S.A., Belgium

Inc., Boyles Operation of Orillia, Ontario; Longyear Canada Inc., of North Bay, Ontario; and J.K. Smit & Sons Diamond Products Limited of Toronto and North Bay, Ontario (Table 4).

Drill Systems of Calgary, Alberta, converts light rotary (top drive head) drills and manufactures double wall drill rods and accessories for its proprietary drilling method called CSR (centre sample rotary). In addition, there are several small Canadian companies that make diamond bits and other diamond drilling accessories.

Wesdrill of New Westminster, British Columbia, and Heath & Sherwood (1964) Limited, of Kirkland Lake, Ontario, produce special drill rigs suitable for deep hole drilling.

After identification of research requirements in close cooperation with the Canadian Diamond Drilling Association, CANMET let contracts to study hole deviation and core recovery, to develop data-logging instrumentation and a lightweight drill carrier, and more recently (1982) to study the problem of noise reduction (Geller, 12).

B.2 In Surface Mining

All of the kinds of drilling equipment listed in Section A.2 are used in Canadian surface mines.

Some of the development work done in surface mines is carried out by exploration drilling companies under contract. The rest is done by the mining companies using their own equipment and personnel. No published data are available on the number of exploration rigs that the mining companies own.

Table 5 lists the types and quantities of rotary equipment used in Canadian surface mines; Table 6 lists the percussive machines.

There are no Canadian manufacturers of rotary blasthole drills. Most of the $35 million worth of rotary tricone bits purchased by the mineral industry each year are imported. However, Trend Rock Bit International Ltd. is now producing tricone bits at a plant in Victoria, British Columbia; so far, its products are limited to small-diameter varieties.

Table 5 shows the lack of domestic manufacture of rotary drill rigs. The situation is similar in the case of percussive machines (Table 6), although, in the final assemblage in Canada, certain Canadian-made components may be used. For example, Atlas Copco Canada Inc. and Tamrock Canada Inc. incorporate partially Canadian carriers in certain mechanized drill rigs assembled at their plants in Montreal, Quebec and Copper Cliff, Ontario.

B.3 In Underground Mining

All of the kinds of drilling machinery listed in Section A.3 are used in Canadian underground mines.

Exploration diamond drilling in underground mining is carried out both by mining companies using their own equipment and by drilling contractors. No data are available on the number of diamond drills owned by the mining companies.

Canadian capability for producing drilling equipment for underground mine development and production (Table 7) is limited to low-technology manufacturing and is confined to the manufacture mostly of drill

TABLE 5

Canada, Minimum[1] Number of Rotary Drill Rigs at Surface Mines[2] in 1981

Manufacturer	Drill Type	Country of Origin	Number of Units
Bucyrus-Erie	B-E 30R	United States	1
"	B-E 40R	United States	20
"	B-E 45R	United States	25
"	B-E 50R	United States	12
"	B-E 60R	United States	50
Gardner-Denver	GD-60	United States	1
"	GD-80	United States	1
"	GD-100	United States	2
"	GD-120	United States	8
Ingersoll-Rand	T-4	United States	3
"	T-8	United States	1
"	DM-6	United States	1
Robbins	R-10-S	United States	1
"	RR-12	United States	1
Marion (Dresser)	M-4	United States	4
Reich	T-650	United States	6
Drilltech	D-50K	United States	2
"	D-80K	United States	1
Total			140

Source: (11).
[1] For 43 mines reporting out of a total of 292 mines and quarries operating in 1981. [2] In addition, there are 25 rotary drill rigs of unspecified type at coal mines in Alberta and British Columbia. Does not include equipment at building stone quarries and stone quarries for cement plants.

rods and bits, and of some conventional pneumatically-driven percussive hammers. Only light pneumatic hammers capable of drilling short holes up to 6 m in length and not exceeding 44.5 mm in diameter are available from the three manufacturers of drilling equipment: Ingersoll-Rand Canada Inc., of Sherbrooke, Quebec; Joy Manufacturing Company (Canada) Limited of Cambridge, Ontario; and U & N Equipment Ltd., of North Bay, Ontario.

No heavy-duty pneumatic or hydraulic hammers capable of drilling larger-sized long holes, mounted on drill rigs of any kind, are made in Canada.

Large and small electric, hydraulic or pneumatic jumbo carriers are assembled in Canada and are available from domestic sources, but the prime movers, drive trains and hydraulic components including the actual drilling machines are all imported.

Regional producers are: Jarvis Clark Company Limited, of Burlington, Ontario; Eaton Yale Limited of Woodstock, Ontario; and, Baycar Steel Fabricating Limited in Sudbury, Ontario. No downhole drill rigs, down-thehole hammers or raise drilling machines are made in Canada.

TABLE 6

Canada, Minimum[1] Number of Percussive Drill Rigs at Surface Mines

Manufacturer	Drill Type	Country of Origin	Number of Units
Pneumatically Driven			
Gardner Denver	PR 123	United States	9
" "	PR 143	United States	2
" Airtrack	ATD 300	United States	3
"	GD 3200	United States	1
Ingersoll-Rand	URD 475	United States	5
" "	IR 350	United States	2
Joy	VCR 260	United States	1
" (Mustang)	VCR 280	United States	3
"	TM 600	United States	1
Atlas Copco	ROC 302	Sweden	3
Total			30

Source: (11).
[1] For 43 mines reporting out of a total of 292 mines and quarries operating in 1981. Does not include equipment at building stone quarries and stone quarries for cement plants.

TABLE 7

Canada, Principal Manufacturers of Mine Production Drilling Equipment

Company	Location of Plant	Nature of Products	Remarks
Atlas Copco Canada Inc. 745 Montreal-Toronto Blvd. Dorval, Que.	Dorval, Que.	Complete range of tapered percussive drill bits, drill steel. Custom-made drill jumbos with imported hammers hydraulic components, and power train are mounted on Canadian carriers made by Eaton Yale.	Subsidiary of Atlas Copco AB Sweden
Boart Canada Inc. Drilling Tool Division 2242 South Sheridan Way Mississauga, Ont.	Mississauga, Ont.	Complete range of percussive tapered and threaded tungsten carbide insert and button bits, from 32 mm to 127 mm in diameter. Drill steel.	Subsidiary of Boart International Luxembourg S.A.H., South Africa
Brunner & Lay (Canada) Ltd. 3180 American Drive Mississauga, Ont.	Mississauga, Ont.	Threaded percussive tungsten carbide insert and button bits. Drill steel.	Owned by F. Brunner, United States
Eaton Yale Limited, Forestry and Construction Equipment Division Devonshire St. Woodstock, Ont.	Woodstock, Ont.	Carriers, components and parts for certain drilling jumbos.	Subsidiary of Eaton Corporation, United States
Fagersta Limited 1157 Blair Road Progress Park Burlington, Ont.	Burlington, Ont.	Complete range of tapered and threaded percussive tungsten carbide insert and button bits. Drill steel.	Subsidiary of Fagersta A.B., Sweden
Gardner-Denver Canada Inc. 1800 Ellesmere Road Scarborough, Ont.	Woodstock, Ont.	Complete line of mechanized hydraulically and pneumatically driven production drill rigs for underground mining. Complete line of rotary blasthole drills for surface mining. (Assembled and modified to customers' requirements).	Subsidiary of Cooper Industries, Inc. Houston, U.S.A.
Ingersoll-Rand Canada Inc. 30 Dorchester Blvd. W. Montreal, Que.	Montreal, Que.	Percussive pneumatically powered hammers, capable of drilling 45 mm diameter holes, air legs, drill steel, percussive drill bits. Airtrack drills (assembled).	Subsidiary of Ingersoll-Rand Co., U.S.A.
Jarvis Clark Co. Ltd. Burlington, Ont.	Burlington, Ont.	Carriers, components and parts for certain drilling jumbos.	
Joy Manufacturing Co., (Canada) Ltd. Cambridge, Ont.	Cambridge, Ont.	Light-duty percussive pneumatically driven hammers, air legs, drill steel.	Subsidiary of Joy Manufacturing Company
Kenroc Tools Inc. Plants: 3370 Dundas W. Toronto and 190 9th St. North Bay, Ont.	Toronto, Ont. North Bay, Ont.	Complete range of tapered and threaded percussive tungsten carbide insert and button bits from 32 mm to 127 mm in diameter. Drill steel. Percussive bits for down-the-hole hammers from 114 mm to 445 mm in diameter.	Subsidiary of Kennametal Inc., U.S.A.

TABLE 7 (cont'd)

Company	Location of Plant	Nature of Products	Remarks
MacLean Engineering & Marketing Co. Limited 5 - 100 Mountain Collingwood, Ont.	Collingwood, Ont.	Mechanized drilling equipment.	
Mac-Wood Machine Limited 17 Sheard Ave. Brampton, Ont.	Brampton, Ont.	Long tom airlegs.	
Manley Steels Limited 211 Bowes St. Thornhill, Ont.	Thornhill, Ont.	Tapered and threaded percussive tungsten carbide button bits. Drill steel.	
Omnitrade Limited 141 Brockhouse Toronto, Ont.	Toronto, Ont.	Threaded percussive tungsten carbide insert and button bits. Drill steel.	Subsidiary of a Czechoslovak Government enterprise
Tamrock Canada Inc. 100 Magill St. Copper Cliff, Ont.	Copper Cliff, Ont.	Carrier-mounted drill rigs incorporating carriers from Eaton Yale, and Baycar Steel Fabricating Limited and imported pneumatically and hydraulically driven hammers.	A subsidiary of Oy Tampella AB, Finland
Teledyne Canada Mining Products 35 Elgin St. N. Thornbury, Ont.	Thornbury, Ont.	Mechanized drilling equipment.	
TRI-M Rock Drilling Accessories Limited 325 Limestone Cr., Toronto, Ont.	Toronto, Ont.	Tapered and threaded percussive tungsten carbide button bits, drill steel. Percussive bits for down-the-hole hammers from 98 mm to 305 mm in diameter.	Owned by F. Brunner, United States
U & N Equipment Ltd. Birch's Rd. North Bay, Ont.	North Bay, Ont.	Percussive pneumatically driven hammers capable of drilling 38 mm diameter hole.	

Compiled on the basis of telephone conversations.

Appendix 1 contains a table that offers an impression of the types of underground drilling machines used in Canadian mines and their origins. The table, based only on available published information, is far from complete, but nonetheless illustrates both the variety of equipment used and the many source countries.

C. Imports

C.1 Statistics

Table 8 and Figure 2 show information on Canada's imports of mining machinery (gathered by Statistics Canada from data derived from customs forms).

In 1981 alone, the value of imports of drilling equipment for hard rock drilling amounted to some $172 million divided among six categories of equipment, as follows:

		$ million	Per cent
52119	Earth drilling and related machinery and parts, nes	52.4	30
52105	Rock drill parts, nes	50.7	30
52103	Rock drills, nes	26.4	15
52107[1]	Rock drill bits, rotary type	25.2	15
52112	Rock drill bits, nes	13.9	8
52101	Core drills and core drill bits and parts	3.4	2
		172.0	100

[1] Of the $59.2 million worth of 1981 imports in Category 52107, it is estimated that only $25.2 million worth was for use in the mining industry.
nes Not elsewhere specified.

Earth drilling and related machinery and parts, nes (52119) - includes a variety of drilling equipment used in both underground and surface hard rock mining and rotary drills for use in surface coal mining, Figure 3.

Rock drill parts (52105) covers spare parts for carrier-mounted rotary and percussive drill rigs, whose applications are discussed below under category 52103. As is shown in Figure 4, about one-half of the total imports of these parts in the years 1979-81 came from the United States, one-third from Sweden, and the rest from other countries.

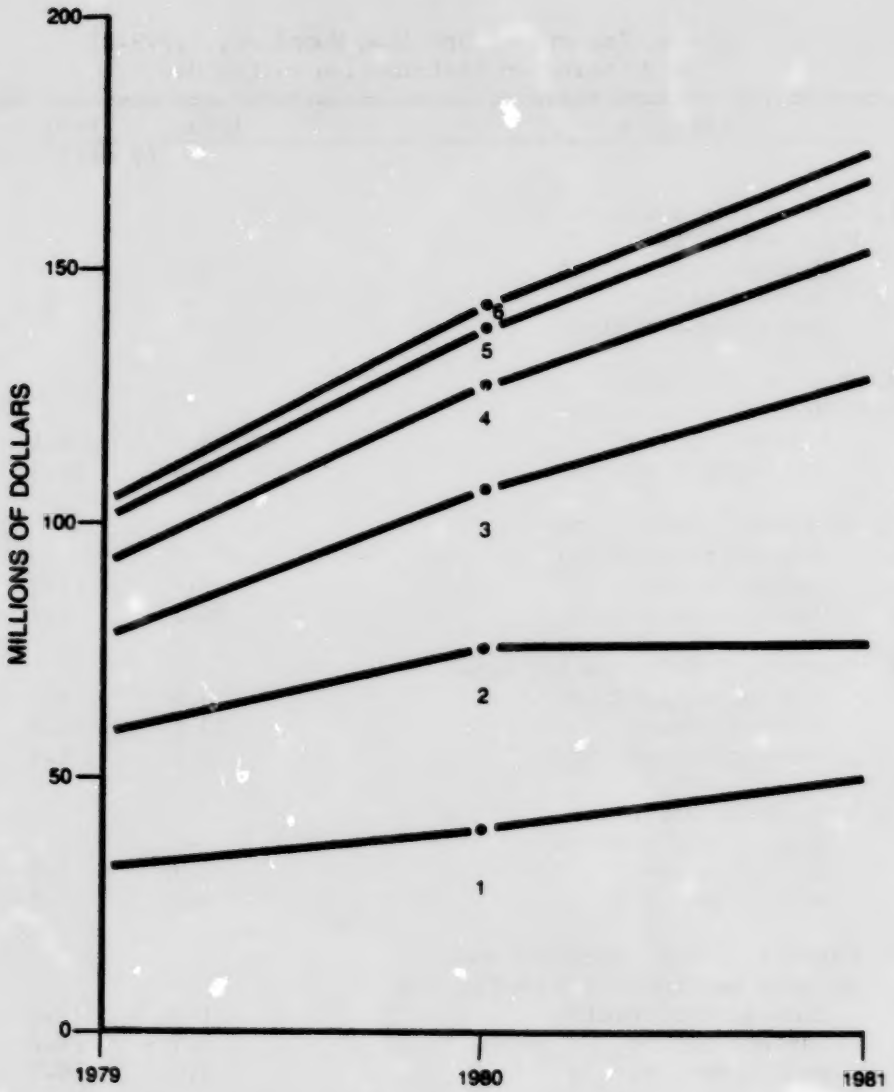
TABLE 8

Canada, Imports of Drilling Machinery, 1979-81
and Estimated Distribution by End Use

Category	1979	1980	1981
		($ millions)	
52101, Core drills and core drill bits and parts			
Mineral exploration	2.5	3.8	3.4
Surface mining	-	-	-
Underground mining	-	-	-
52103, Rock drills, nes			
Mineral exploration	-	-	-
Surface mining	3.8	6.1	8.2
Underground mining	10.6	14.3	18.2
52105, Rock drill parts, nes			
Mineral exploration	-	-	-
Surface mining	7.7	11.2	14.7
Underground mining	26.2	29.7	36.0
52107, Rock drill bits, rotary type			
Mineral exploration	0.8	1.0	0.7
Surface mining	23.8	32.2	23.2
Underground mining	1.3	1.8	1.3
52112, Rock drill bits, nes			
Mineral exploration	-	-	-
Surface mining	2.9	3.3	4.4
Underground mining	6.1	7.1	9.4
52119, Earth drilling machinery and related machinery and parts, nes			
Mineral exploration	1.0	2.0	2.5
Surface mining	8.5	11.2	16.4
Underground mining	8.6	18.5	33.5
All categories			
Mineral exploration	4.3	6.8	6.6
Surface mining	46.7	64.1	66.9
Underground mining	52.7	71.3	98.4
Grand Total	103.7	142.1	172.0

Sources: Statistics Canada, Reference (9); end-use distribution estimated by Energy, Mines and Resources Canada.
nes Not elsewhere specified, ie, not listed again elsewhere under a more specific group.
- Nil.

CANADA, IMPORTS OF DRILLING EQUIPMENT, 1979-81



1 - Rock drill parts, nes (52105);
2 - Rock drill bits, rotary type (52107) estimated portion for the mining industry only;
3 - Earth drilling and related machinery and parts nes (52119);
4 - Rock drills nes (52103);
5 - Rock drill bits nes (52112);
6 - Core drills and core drill bits and parts (52101).

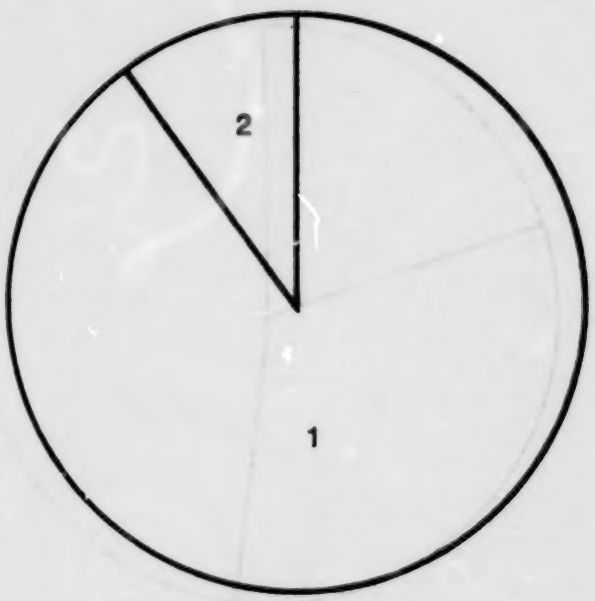
nes - Not elsewhere specified

FIGURE 2

CANADA, 1979-81 AVERAGE IMPORTS OF EARTH DRILLING AND RELATED MACHINERY AND PARTS, nes (Cat. 52119)

Source of Imports

1. United States
2. Other Countries



Source: Statistics Canada

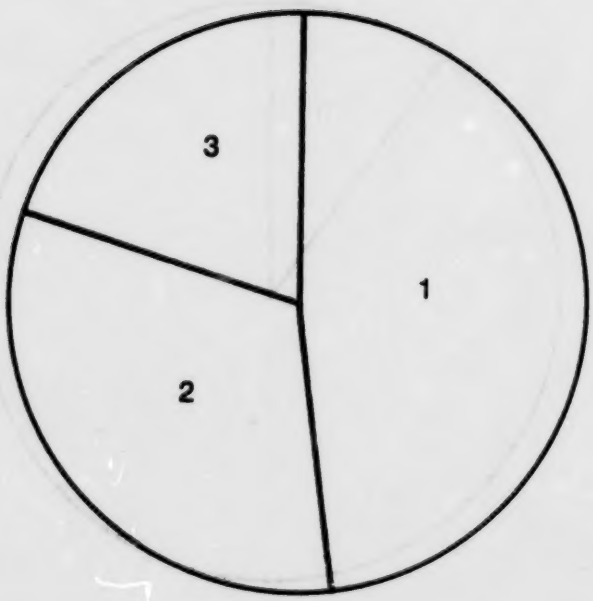
nes- Not elsewhere Specified

FIGURE 3

CANADA, 1979-81 AVERAGE IMPORTS OF ROCK DRILL PARTS, nes (Cat. 52105)

Source of Imports

1. United States
2. Sweden
3. Other Countries



Source: Statistics Canada

nes– Not elsewhere Specified

FIGURE 4

Rock drills, nes (52103) covers carrier-mounted rotary and percussive drill rigs[1], imported for use in both underground and surface methods of extraction. In the years 1979-81, over one-half of these machines were imported from the United States, one-quarter from Sweden and the rest from other countries, Figure 5.

Rock drill bits, rotary type (52107) came from the United States (94 per cent) and Sweden (Figure 6). This class contains tricone bits, of which some are used in exploration drilling but most are used for blasthole drilling in surface operations[2].

Rock drill bits, nes (52112) represents small-size percussive hard-rock drilling bits including the spare parts (tungsten carbide inserts and buttons) used with percussive drill rigs, mostly in underground operations. Figure 7 shows the 1979-81 sources for these percussive rock drill bits: United States, 59 per cent; Ireland, 21 per cent; Sweden, 11 per cent; and, the rest from other countries.

Core drills and core drill bits and parts (52101) covers diamond and non-diamond coring drill rigs and parts, and diamond and tungsten carbide coring bits used in exploration drilling. These machines, spare parts and coring bits, Figure 8, came mostly (68 per cent) from the United States and the rest from other countries, such as Belgium, United Kingdom, West Germany, Sweden, and the Netherlands.

C.2 Import Share, by End Use

Available information does not make it possible to separate imports into those destined for mineral exploration, for surface mining and for underground mining operations.

It can, however, be said that all of the drilling equipment in category 52101 is for mineral exploration and that small amounts of categories 52107 and 52119 are also used for this purpose. Drilling equipment in category 52101 alone represents only some 2 per cent of total imports of drilling machinery. All told, equipment for mineral exploration represents about 4 per cent of total imports, by far the smallest group.

In 1981, equipment destined for surface mining operations amounted to an estimated 40 per cent of total imports of drilling machinery. Included in this total are items from categories 52105, 52107, 52119, 52103 and 52112; of these, by far the most important was category 52107 - rock drill bits rotary type and parts, which alone represented about 35 per cent of total imports for surface mining.

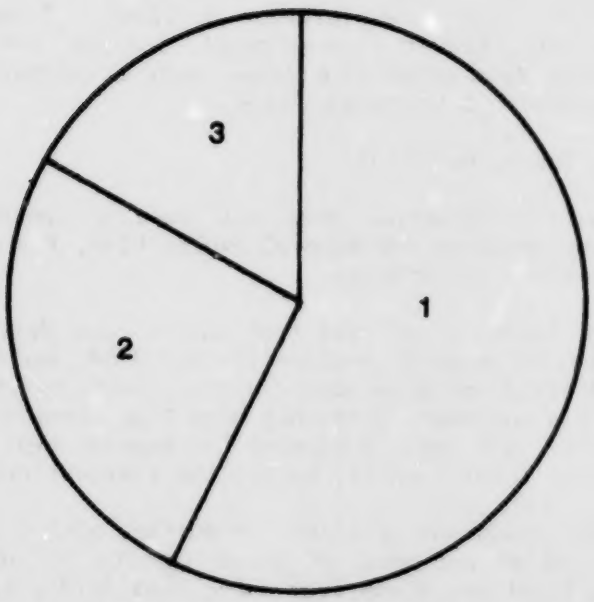
---

[1] In contrast, the term "rock drills" as used by the industry, and elsewhere in this report, refers only to percussive hammers.
[2] It is estimated that only $25.2 million worth of the $59.2 million worth of 1981 imports of category 52107, was for use in the mining industry.

CANADA, 1979-81 AVERAGE IMPORTS OF ROCK DRILLS, nes (Cat. 52103)

Source of Imports

1. United States
2. Sweden
3. Other Countries



Source: Statistics Canada

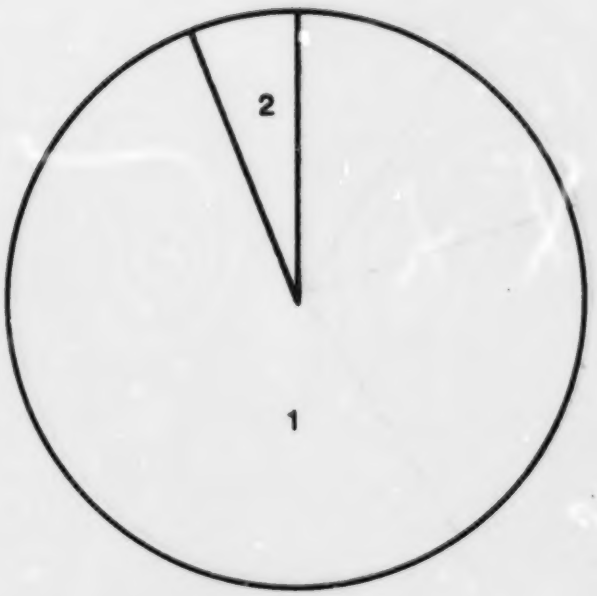
nes - Not elsewhere Specified

FIGURE 5

CANADA, 1979-81 AVERAGE IMPORTS OF ROCK DRILL BITS (Cat. 52107)

Source of Imports

1. United States
2. Sweden



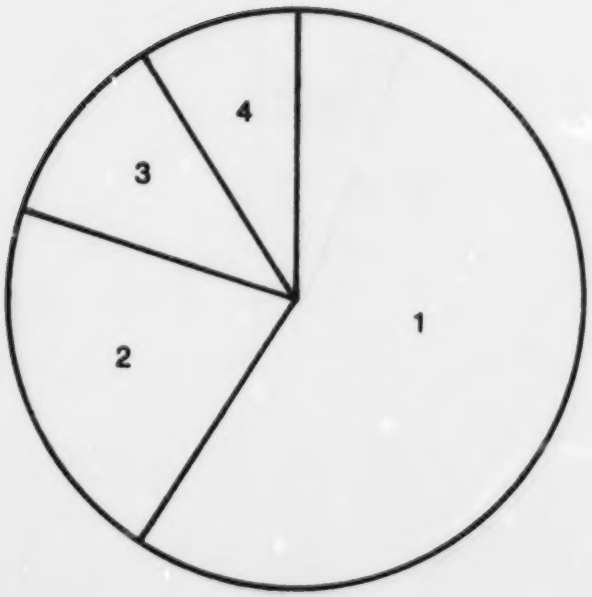
Source: Statistics Canada

FIGURE 6

CANADA, 1979-81 AVERAGE IMPORTS OF ROCK DRILL BITS, nes (Cat. 52112)

Source of Imports

1. United States
2. Ireland
3. Sweden
4. Other Countries



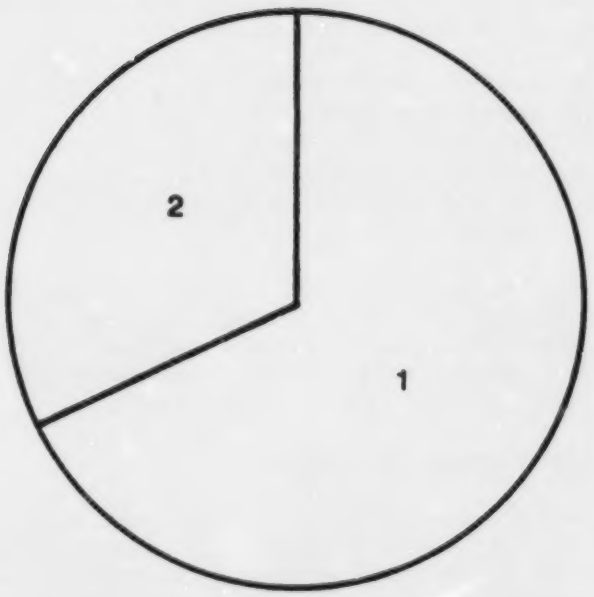
Source: Statistics Canada
nes– Not elsewhere specified

FIGURE 7

CANADA, 1979-81 AVERAGE IMPORTS OF CORE DRILLS AND CORE DRILL BITS AND PARTS (Cat. 52101)

Source of Imports

1. United States
2. Other Countries



Source: Statistics Canada

FIGURE 8

Machinery for underground mining accounted for more than half of total imports. Such equipment was in categories 52103, 52105, 52112 and 52119, hydraulically and pneumatically powered rock drills, underground jumbo drills and percussive drill rigs and parts.

C.3 Trends in Imports

C.3.1 Overall

Table 8 and Figure 2 provide background information for assessing recent trends in the imports of drilling machinery into Canada.

Estimated overall imports of equipment for the mining industry increased from $103.8 million in 1979 to $172.0 million in 1981, or, in constant 1981 dollars, from $127.0 million to $172.0 million, an average annual increase of 16 per cent.

Only two categories, 52107 (rock drill bits - rotary type) and 52101 (core drills and core drill bits and parts), showed decreases. These declines reflected slowdowns in exploration activities and in the iron ore and asbestos mining industries, where cutbacks in production occurred sooner than in the rest of the mining industry.

From 1979 to 1981, the highest average annual growth in imports (53 per cent in real terms) occurred in category 52119 (earth drilling and related machinery). This group contains a wide variety of equipment, such as rotary drill rigs used in surface coal mines, multi-purpose auger drills and mechanized top-drive and downhole drill rigs used in both surface and underground mining operations.

A noticeable trend in imports between 1979 and 1981 has been the diversification of sources of imports away from the United States. In addition to U.S. manufacturers, equipment makers in Belgium, Finland, Sweden, the United Kingdom, West Germany and other countries now sell drilling machinery and parts in the Canadian market.

C.3.2 For Mineral Exploration

Growing levels of imports are encountered over the entire range of drilling machinery for mineral exploration, an area in which Canada was a leading producer and world exporter in the not-too-distant past. In the early 1970s, only diamond-bearing products and certain parts for large diamond drills were imported into Canada, primarily from South Africa and the United States. As of the late 1970s, diamond drilling equipment has begun to be imported also from Belgium, the United Kingdom and Sweden.

C.3.3 For Use in Surface Mining

All rotary drill rigs used in surface mining are, and always have been, imported.

From 1979 to 1981, import statistics of drilling machinery for use in surface mines showed a rise as follows (in $ millions):

	1979	1981
	($ millions)	
Rotary type drilling machinery and parts	28	35
Percussion type drilling machinery and parts	13	23
Unidentifiable as rotary or percussive	6	9
Total	47	67

These statistics suggest a much stronger growth in percussive than in rotary type drilling machinery and parts during this period.

C.3.4 For Use in Underground Mining

From 1979 to 1981, imports of drilling machinery for use in underground mines rose from an estimated $52.7 million to an estimated $98.4 million.

Domestic production of drilling machinery for underground development and production is confined to drill rods, drill bits, some light air-driven percussive hammers, and carriers for certain mechanized drill rigs. All other drilling machinery for underground mining is, and always has been, imported.

As previously mentioned, the largest increase in the value of imported drilling machinery occurred in category 52119. This category contains a variety of machines that cannot readily be divided according to their eventual use in surface or underground mining.

D. Exports

D.1 Statistics

Exports of drilling equipment made in Canada (Table 9 and Figure 9) are limited to a very narrow range of machinery: core drills and core drill bits and parts (category 52101); rock drills (hammers) and parts (category 52104); rock drill bits (category 52112); and earth drilling and related machinery (category 52119).

Diamond drill rigs (52101) are the only complete assemblages of drilling equipment available from Canadian manufacturers. Exports of light-duty pneumatically driven percussive rock drills capable of drilling holes up to 6 m in length and not exceeding 45 mm in diameter for use primarily in underground mining operations fall within category 52104, but drill rods constitute most of this category.

Category 52112 covers percussive tungsten carbide insert and button drilling bits for percussive hammers as well as percussive drilling bits for use with down-the-hole hammers (which are not themselves available from Canadian manufacturers).

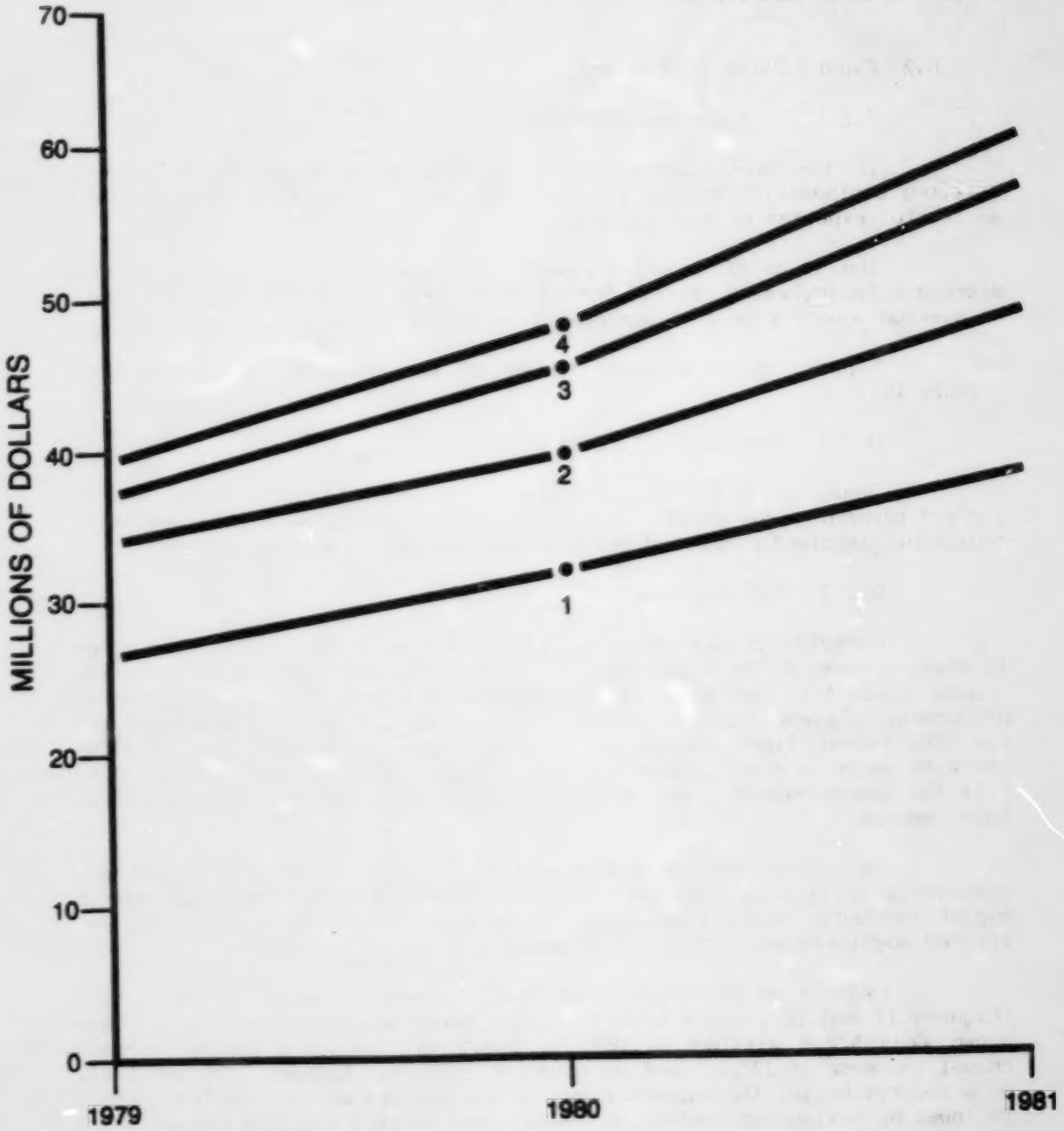
TABLE 9

Canada, Exports of Drilling Machinery, 1979-81
and Estimated Distribution by End Use

Category	1979	1980	1981
		($ millions)	
52101, Core drills and core drill bits and parts			
Mineral exploration	7.5	7.7	11.0
Surface mining	-	-	-
Underground mining	-	-	-
52104, Rock drills[1] and parts, nes			
Mineral exploration	-	-	-
Surface mining	-	-	-
Underground mining	26.5	32.0	38.2
52112, Rock drill bits, nes			
Mineral exploration	-	-	-
Surface mining	-	-	-
Underground mining	3.4	5.8	8.1
52119, Earth drilling and related machinery and parts, nes			
Mining only (surface and underground	2.2[2]	2.6[2]	3.4[2]
Total	39.5[2]	48.1[2]	60.4[2]

Sources: Statistics Canada, Reference (8); end use distribution estimates by Energy, Mines and Resources Canada.
[1] In this case, "rock drills" refers to hammers, not to complete drilling rigs. [2] EMR estimates.
nes Not elsewhere specified; - Nil.

CANADA, EXPORTS OF DRILLING EQUIPMENT, 1979-81



1 - Rock drills and parts (52104);
2 - Core drills and core drill bits and parts (52101);
3 - Rock drill bits (52112);
4 - Earth drilling and related machinery and parts nes (52119) -estimated portion for the mining industry only.

nes- Not elsewhere specified

FIGURE 9

Category 52119 contains spare parts for drill rigs used primarily by the petroleum industry and a few by the mining industry. Their destinations cannot be readily determined.

D.2 Export Share, by End Use

D.2.1 For Mineral Exploration

In the past, Canada was a leading world exporter of diamond drilling equipment. Despite a recent decline in production it is still a successful exporter of such equipment.

The value of Canadian exports of diamond drill rigs, parts and diamond bits increased from $7.5 million in 1979 to $10.8 million in 1981, an average annual rise of 5 per cent in constant dollars.

Exports go to a large number of countries on every continent (Figure 10).

D.2.2 For Use in Surface Mining

There is no Canadian production of complete drill rigs used in surface mining. From available information, it cannot be determined which equipment components exported are destined for use in surface mines.

D.2.3 For Use in Underground Mining

Canadian production of drilling machinery for underground mines is small. None of the large variety of drilling machinery used in underground mines is available as a complete drilling unit from Canadian producers. Canada produces carriers for drilling jumbos in hydraulic and electric forms; light pneumatically driven hammers suitable for drilling short holes of a small diameter; pusher legs, drill steel, and drilling bits for these hammers; and percussive drill bits for use with down-the-hole hammers.

Percussive rock drills (hammers) and parts (category 52104) and percussive drill bits (category 52112) represent Canada's most successful export products, apart from items in category 52119, earth drilling and related machinery and parts, which cannot readily be evaluated.

Exports of percussive rock drills (hammers) and rock drill bits (Figures 11 and 12), which should be considered as one product line, have grown from $29.8 million in 1979 to $46.2 million in 1981, an average annual increase of 13 per cent in constant dollars. Between 1979 and 1981, on a country basis, the largest buyer of our exports was the United States, followed by Mexico and Australia. Peru, South Africa and West Germany were also significant customers for percussive hammers and bitsmanufactured in Canada.

CANADA, 1979-81 AVERAGE EXPORTS OF CORE DRILLS AND CORE DRILL BITS AND PARTS (Cat. 52101)

Destination

1. North America
2. Asia
3. Western Europe
4. Australasia
5. South and Central America
6. Africa
7. Other Countries

Source: Statistics Canada

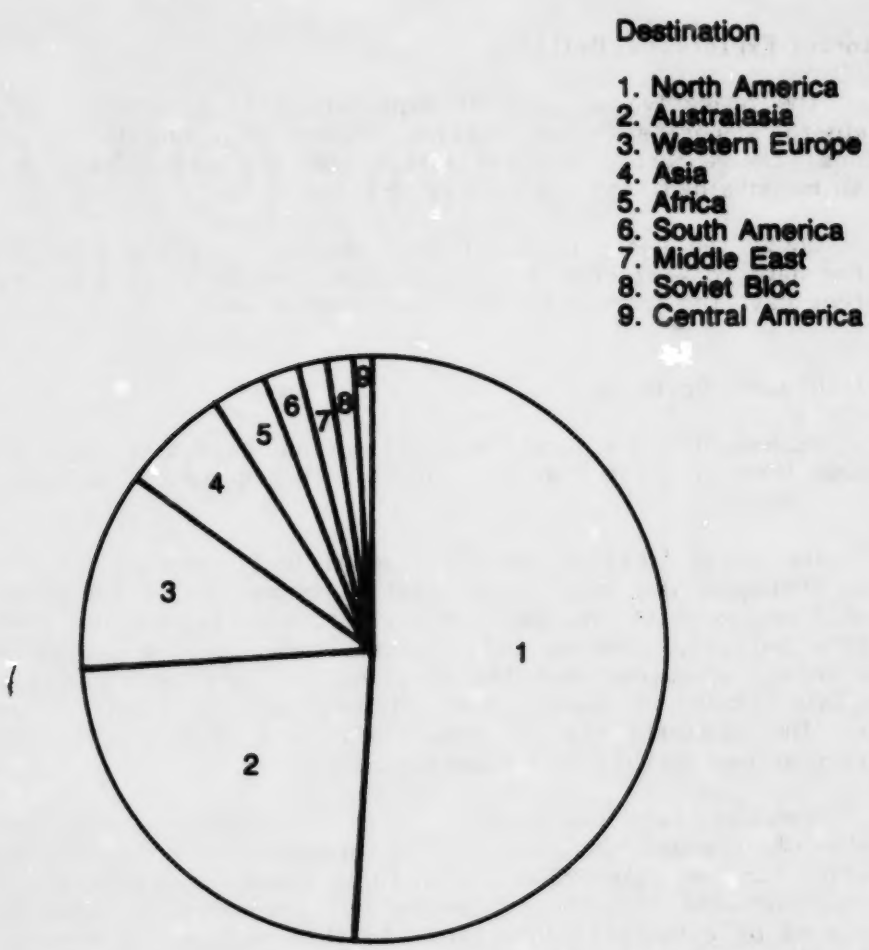
FIGURE 10

CANADA, 1979-81 AVERAGE EXPORTS OF ROCK DRILLS (HAMMERS) AND PARTS (Category 52104)

Source: Statistics Canada

FIGURE 11

CANADA, 1979-81 AVERAGE EXPORTS OF ROCK DRILL BITS (Cat. 52112)



Source: Statistics Canada

FIGURE 12

PART 2

LOOKING TOWARD THE FUTURE

CHAPTER II. TRENDS IN DRILLING TECHNOLOGY

A. Mineral Exploration Drilling

The objective of mineral exploration is to obtain information about mineral deposits. The drilling method used depends on geological conditions, the accuracy and reliability of the geological information likely to be obtained, and the cost of drilling.

Until the early 1970s, diamond drilling was the only acceptable method for hard rock mineral exploration purposes in North America. Since then, other drilling techniques have been used as well.

A.1 Diamond Drilling

Diamond drilling produces a cylindrical core of rock, a sample of the ground through which the bit passes. Holes may be drilled at any angle.

The basic function of the diamond drill machine is to turn a drill rod string in the hole and to hoist it in and out of the hole. It is a part of a system which includes the drill, the drilling fluid pump, drill rods, core barrels, diamond bits, accessories such as water swivels, wireline hoists (required when the wireline drilling technique introduced in the late 1950s is used), foot clamps, wrenches and labour-saving devices. The diamond drill of the 1980s is a sophisticated piece of machinery that can operate in any environment.

Technological improvements have occurred in all the basic components of diamond drilling. The greatest advance has been the introduction (in the late 1970s), of a fully hydraulic-hydrostatic diamond drill, in which the conventional mechanical transmission (gear box) has been replaced by a hydrostatic drive. In this machine, an hydraulic pump driven by the prime mover (diesel or electric motor) is connected to the hydraulic motor which transmits power from the engine to the drill string.

The main advantages are:

i) regulation of the rotation speed and torque is continuously variable;

ii) the engine can be located anywhere without complicated drive-shafts and driving axle arrangements;

iii) the weight and the size of hydrostatic drive are less in relation to the power transmitted; and

iv) instrumentation is better and more informative.

Other recent improvements are steel masts instead of tripods, hydraulic chucks instead of hand operated chucks, and hydraulically operated power tools for rod handling in place of manual labour. New high-quality lighter weight wireline drill rods capable of drilling holes up to 3 000 m deep and core barrels with increased core size have recently been developed.

Another important improvement is the introduction of new types of surface-set and impregnated diamond bits with polycrystalline synthetic instead of natural diamonds (5). Such diamonds have better thermal stability and longer lifetimes, and bits containing them have significantly faster penetration rates.

The drilling of holes and the recovery of cores in waterless areas have been facilitated by the introduction of a technique known as air-flush core drilling. It is more practical to haul an air compressor than to haul water. This air-flush technique can now be used for holes up to 250 m deep from which cores of about 75 mm in diameter can be recovered. The technique can be used effectively in very wet areas, but not in damp areas where cuttings tend to ball together and thus cannot be flushed out by air.

Mud can now be used as a circulating fluid for drilling in unstable or extremely friable ground. A core barrel has been developed that has larger internal passages through which mud can move.

A.2 Other Techniques

During the 1970s, several other drilling methods were successfully applied in hard-rock mineral exploration, in which the samples produced are not solid core sections but drill cuttings.

At present, these methods are used primarily where drill cuttings can provide satisfactory geological information, and contamination of the cutting samples is acceptably small. They are also used for drilling under extremely difficult geological conditions such as deep or unstable overburden, and in formations consisting of, for example, mixtures of sand, gravel and clay.

These methods are divided into two groups:

i) rotary drilling - several modifications of in-the-hole equipment using single- or double-wall drill rods have been developed to produce drill cuttings. This method of drilling requires that access to the drill site permits the use of bulky equipment.

ii) percussive drilling - two basic percussive machines, the top hammer percussive drill rig (drifter) and the down-the-hole drill rig, both of which were originally developed for blasthole drilling, have found increasing application in mineral exploration. Both machines produce drill cuttings, but attempts have been made to develop in-the-hole equipment that will yield a solid core.

Percussive top hammer drills have been successfully used to drill down to 120 m. Down-the-hole drills can penetrate much deeper, have a faster drilling rate, and the holes are straighter than with any other method.

The latest development has been the use of high-air-pressure down-the-hole hammers which can yield penetration rates up to twice those of low-air pressure hammers. The cost per metre drilled can be very low with proper in-the-hole equipment.

A drill hole has a tendency to deviate from its planned direction. Several methods employing permanent and retrievable wedges have been successfully used in directional control.

The use of a water- or mud-driven down-the-hole turbine, which operates within the capability of the standard pump used in the mineral exploration drilling industry, is the most promising recent advance in directional drilling. It permits a smooth transition in a change of direction of the hole.

A.3 Applications in Conjunction with Geophysical Techniques

Geophysical methods have long played an important role in mineral exploration. The miniaturization of electronic circuitry has made it possible to carry out down-the-hole geophysical investigations of mineral deposits. Geophysical studies which could previously be undertaken only from the surface can now be done in or around deposits in the ground.

In base metals, down-the-hole electrical and electromagnetic methods have been successfully applied in the field; nuclear borehole exploration techniques have already found wide acceptance in Canada (15).

Information obtained from these relatively new borehole and geophysical techniques can, in certain instances, replace that previously sought from cores recovered in the traditional core-drilling method.

Research and development now being carried out at the Geological Survey of Canada is aimed at improving existing equipment and methods, and especially at developing applications and interpretation techniques related to mineral exploration problems (10, 15).

A.4 Outlook for the Future

The general trend in the design of diamond drills will continue to be toward fully hydraulic lightweight core drilling machines that can be quickly dismantled, transported by helicopter (together with crews and equipment), and set up and started again.

Down-the-hole turbines are expected to find wider applications such as in multiple directional drilling exploration for deep-seated, small, high-grade mineral deposits.

The diamond drill will for some time remain the most important drilling tool in mineral exploration. However, the rising cost of diamond drilling may hasten the introduction of modern geophysical techniques, which, in combination with cheaper non-coring drilling methods, may significantly lower the overall costs of mineral exploration.

In the author's opinion, the justification for drilling holes in exploration will gradually change from the current general need to obtain samples of core to the future need in many cases to provide instead a pathway down which geophysical instruments can be sent.

The timing and extent of this evolution will depend on the quantity, quality, and cost of geological information obtained through down-the-hole geophysical techniques.

In a certain proportion of holes drilled, it will remain necessary to obtain rock cores by diamond drilling as reference for geophysical results, for geotechnical investigations, and for metallurgical and geological analysis.

B. Drilling in Surface Mining

B.1 General

In surface mines, blast holes are drilled mostly with rotary drill rigs. The major trend in the design of rotary drills during the last decade has been towards bigger, heavier, more powerful, and more expensive machines capable of drilling increasingly larger diameter holes in a single pass. Such large and complex machines must be used continuously to justify the high capital investment. For many specialized uses, they are impractical or unnecessarily large. The trend to drill blastholes of increasing diameter has now come to a halt; the most common currently have diameters in the 251-311 mm range.

Recent evolution in open-pit mining in Europe (which is on a significantly smaller scale than in Canada) has led to the use of higher (80-100 ft) benches, with slopes modified to maintain safety, a system that allows for greater efficiency in rock breaking and haulage, and has led to lower overall costs. This new system calls for blast holes that are longer and have a smaller diameter than those used for the 40 ft benches customary in Canada; such long blastholes require close directional control.

Down-the-hole drilling has proved to be the most effective drilling method in the new European system. Several European manufacturers are now providing smaller drill units that are simpler to operate and maintain. They have designed lightweight downhole crawler-mounted drill rigs using high air-pressure down-the-hole hammers. The down-the-hole system does not require the high pull-down of the rotary drill rigs; accordingly, light, less expensive and highly mobile vehicles can be used. The system offers faster penetration rates especially in hard rock drilling, lower cost per metre drilled, and the additional capability to drill angled holes.

The latest advance in percussive blasthole drilling has been the introduction of hydraulically driven top hammer drill rigs capable of drilling inclined as well as vertical holes 177 mm to 228 mm in diameter (17). The newly developed machines are capable of drilling at impressive speeds even with jointed rods, which may make them potentially competitive with down-the-hole machines. At present, lower capital and operating costs, lower maintenance requirements and a proven capability to drill long straight holes of a larger diameter still favour the use of the down-the-hole drilling method.

B.2 Outlook for the Future

Drilling followed by blasting will continue to be the most important method of rock fragmentation in surface mining in the foreseeable future.

Whether the latest European method of hard rock surface mining will find application in Canada in the near future is an open question, given the significant scale differences and institutional hurdles. If so, it could mean a major shift from rotary to percussive down-the-hole blasthole drilling in Canadian hard-rock surface mining.

C. Drilling in Underground Mining

C.1 General

Percussive drilling is the main drilling technique used in development and production in underground mines. The drilling machines used are either pneumatically-driven or, more recently, hydraulically-driven percussive hammers suitable for drilling holes up to 102 mm in diameter. They can be divided into two main categories:

i) light hammers designed for manual use; and
ii) heavy hammers which require mounting on drill rigs.

Pneumatically driven hand-held percussive hammers are used in both small and large mining operations. They are versatile, can be used to drill in any underground location and are portable (18).

However, the last few years have witnessed a trend away from the concept of using one man per single hand-held drill in Canadian underground mines, toward the use of mechanized drill rigs. These come in several forms, such as: drifting jumbos, with one or more percussive hammers, each mounted on a separate boom; production fan drills; ring drills; and down-the-hole hammer drill rigs used in various longhole mining operations.

The introduction of the down-the-hole drilling method, known and used by Canadian mines for many years, was an important step in underground drilling. This technique permits the drilling of holes of larger diameter and greater length than those drilled by pneumatically- or hydraulically-driven top hammers. It is the most suitable method for drilling straight,

large (102 to 165 mm) diameter holes for blasting and other purposes. Its availability has resulted in a new mining method known as "Vertical Crater Retreat (VCR)" described by Atlas Copco (2).

More than ten years ago, Montebert France started to make hydraulically-driven percussive rock hammers. In these machines, energy is transmitted to the drill piston by hydraulic fluid rather than by compressed air (3, 4). Hydraulic drilling is the fastest method for drilling relatively short holes up to about 100 mm in diameter in hard rock and its introduction represents the most significant recent advance in drilling technology (21).

Another significant development has been the evolution of raise boring, a technique in which a small-sized pilot hole is subsequently enlarged to the desired size (up to a maximum of 6.4 m) by reaming. This technique has made significant inroads in the driving of ore and ventilation raises and now finds application also in shaft sinking (16).

C.2 Outlook for the Future

Drilling followed by blasting will continue to be the most important method of rock fragmentation in underground mining.

Throughout the 1980s, the ongoing trend toward mechanization of drilling operations will be the most important feature in drilling in Canadian underground mines.

The 1980s will see an increased use of hydraulically-driven hammers, of a wider range of sizes, mounted on complete rigs, designed for a variety of mining methods and powered by electric motors.

It is the author's opinion that, in the 1980s, air-powered hand-held hammers will be largely replaced in Canada by mechanized hydraulically-driven drill rigs.

Down-the-hole drilling is finding increasing use in underground mining, particularly for drilling production holes in "Vertical Crater Retreat (VCR)" operations and other longhole drilling systems (19).

CHAPTER III. PROSPECTIVE MARKETS[1]

A. General

It is estimated that the size of the Canadian domestic market for drilling equipment for the coal, uranium, metals and non-metals mining industries is about $259 million per year, of which some $172 million (about two-thirds) is imported (1981 figures).

---

[1] In this chapter, all dollar figures are expressed in terms of 1981 dollars.

Canada exports drill rods, diamond drills and parts, percussion drill bits, some small pneumatically-driven percussive hammers, and some further miscellaneous parts. In 1981, such exports had a total estimated value of some $60 million.

Imports, $172 million in 1981, consisted mostly 56 per cent of drilling equipment for underground mining, much for surface mining 40 per cent and very little for exploration 4 per cent.

B. Prospective Markets in Existing Domestic Operations

B.1 Equipment for Mineral Exploration

In 1981, the market for mineral exploration diamond drills and equipment was $28 million. The mineral exploration industry now owns over 800 diamond drills, most of them of a conventional kind. In times of recession, exploration drilling activities are the first to be cut back and the last to come back on stream again.

No significant domestic demand for new diamond drills is expected to occur until 1985. It is estimated that at the end of this decade the market for this type of equipment will be of the order of $35 million worth per year (in 1981 dollars).

B.2 Equipment for Existing Surface Mines

The last two years (1982-1983) have seen shutdowns at open-pit asbestos and iron ore mines. A considerable number of used rotary blasthole drills remain at recently closed surface mines. This equipment may well satisfy any needs for rotary blasthole equipment for several years.

The main market for surface blasthole drilling equipment is expected to be found in the new surface coal mines which are due to come into production during this decade.

The total annual domestic market for drilling equipment for existing surface mines is expected to grow from an estimated $70 million in 1981 to a little over $100 million in 1989-1990.

B.3 Equipment for Existing Underground Mines

The 1981 market for drilling machinery and replacement parts for underground production development purposes is estimated to have amounted to $161 million.

At present, the mining industry has about 10,000 small air-powered percussive hammers. If one mechanized machine comes to replace four conventional pneumatic hammers, over 2,000 mechanized drilling machines of various designs will be needed to complete mechanization. In view of the high capital expenditures involved, this is not likely to be achieved until the beginning of the 1990s.

The need for low production costs per tonne of output is expected to lead to larger scale operations and to the use of surface production methods underground. New mining methods now under development will, in most cases, require large-diameter, longer blastholes.

Overall, the annual domestic market for underground drilling machinery in existing mines is expected to rise to $250 million per year by the end of the 1980s.

C. Prospective Export Sales

In 1981, the value of Canadian exports of drilling equipment for use in exploration and mining amounted to some $60 million.

C.1 Equipment for Mineral Exploration

In the not-too-distant past, Canada was a leading exporter of diamond drilling machinery and equipment. However, over the past decade, other producers have emerged, and Canada's 1981 exports only accounted for $11 million in foreign markets estimated to be of the order of $100 million in total size.

Unless new varieties of equipment come to be manufactured in Canada, future export sales are likely to be only to developing countries interested in conventional types of diamond drill equipment, and to amount to no more than $16 million worth by 1990.

C.2 Equipment for Surface Mining

Since there is no Canadian production of blasthole drilling equipment for use in surface mines, Canada's role in export markets for surface mining equipment will likely remain limited to the supply of smaller diameter rotary tricone bits, drill rods and percussive hammers used to a minor extent in secondary blasting.

C.3 Equipment for Underground Mining

Canadian exports of drilling equipment for use in underground mines are limited to pneumatically-driven percussive hammers, drill rods and percussive tungsten carbide inserts and button bits.

At this time, Canada competes successfully in world markets. Between 1979 and 1981, exports of this kind of equipment grew by 12 per cent. However, this situation may well change during the 1980s because the pneumatically-driven light-weight percussive hammers manufactured in and shipped from Canada are expected to be mostly replaced by hydraulically-driven drill rigs.

Unless new products are developed, or manufactured under licence, in Canada, the 1980s will witness a substantial decline in the growth of exports of drilling machinery for underground mining purposes.

D. Markets in Possible New Mining Operations

In addition to sales to markets in existing operations, market opportunities are expected to arise in new properties developed for production in the years to come.

D.1 Equipment for Mineral Exploration

No significant extra market for diamond drills and other mineral exploration drilling equipment is likely to come about in the next several years as a result of the opening of new mines, because drilling contractors in Canada have been working far below capacity for some time.

D.2 Equipment for New Surface Mines

Table 10 suggests the number of new surface mines that might be brought into production in the years 1984 to 1990 under two different rates of economic growth. It is assumed that Canadian mine production would rebound from 1983 levels to that experienced in 1979-80 and then either:

i) grow at the modest rate of 2 per cent per year (average) or

ii) grow at an optimistic rate in the range of 4 to 6 per cent per year. (This would be close to the growth rates that were experienced in the 1950s and the 1960s).

As can be seen from Table 11, the 1990 Canadian market for drilling equipment and parts for new surface mines is expected to be in the range of $6.6 million (modest growth) to $16.1 million (optimistic growth). The market for surface drilling equipment for the entire seven year period to 1990 is likely to lie within the $38.5 million (modest growth) to $69.4 million (optimistic growth) range. About half of this market would be for new equipment, the rest for spare parts.

Not all of the rotary drilling equipment in question would be brand new; particularly in the early years, some 10 per cent of purchases for the whole period might come from iron ore and asbestos surface mines that were closed in the early 1980s.

D.3 Equipment for New Underground Mines

Table 10 gives estimates of the number of new underground mines through 1990.

TABLE 10

Canada, Number of Deposits That Might be Brought into Production, 1984-90

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Under Modest Growth Conditions							
Open pit - under 5 000 tpd	2	1	3	1	2	0	1
5 000 to 25 000 tpd	0	0	0	0	1	1	0
over 25 000 tpd	0	0	0	0	0	0	0
Underground - under 1 000 tpd	12	14	13	3	9	1	0
1 000 to 4 000 tpd	0	3	1	1	1	0	1
over 4 000 tpd	0	0	1	0	0	1	1
Under Optimistic Growth Conditions							
Open pit - under 5 000 tpd	3	1	3	2	2	0	3
5 000 to 25 000 tpd	0	0	1	2	1	3	0
over 25 000 tpd	0	0	0	0	0	1	1
Underground - under 1 000 tpd	13	14	14	3	10	1	1
1 000 to 4 000 tpd	0	5	3	4	3	1	1
over 4 000 tpd	0	0	1	2	0	1	3

TABLE 11

Canada, Estimated Demand for Surface Mining Drilling Equipment
in Possible New Mining Operations, 1984-90

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	Total (1984-1990)
				($ millions 1981)				
Modest Rate of Growth								
New machinery	2.9	2.1	4.7	1.3	4.7	1.8	0.6	18.0
Replacements	-	-	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	1.0
Spare parts	-	-	1.9	2.9	3.7	4.8	5.7	19.5
Total	2.9	2.1	6.7	4.4	8.6	6.8	6.6	38.5
Optimistic Rate of Growth								
New machinery	3.7	2.1	6.9	6.8	4.7	7.9	6.0	38.1
Replacements	-	-	0.1	0.5	0.4	0.6	0.5	2.1
Spare parts	-	-	2.4	3.7	5.9	7.6	9.6	29.2
Total	3.7	2.1	9.4	11.0	11.0	16.1	16.1	69.4

- Nil.

Table 12 suggests a 1990 market in the $28.6 million to $53.2 million range. The total seven-year market for underground drilling equipment would be between $130 million (modest growth) and $215 million (optimistic growth). About two-thirds of this cumulative amount would represent new equipment, the rest spare parts.

E. Outlook for the Future

Present and estimated 1990 domestic markets for drilling machinery and equipment are summarized in Table 13. If previous experience is any guide, a significant proportion (some two-thirds) of these markets is likely to continue to be supplied by imports.

Export sales will remain important to Canadian manufacturers. No estimates are readily available as to the future sizes of world markets for drilling equipment; figures presented in Table 14 are limited to estimates of 1981 sales to foreign countries and to the author's estimates of possible sales by 1990.

CHAPTER IV. OPPORTUNITIES IN DRILLING EQUIPMENT MANUFACTURE

In the following sections, the best candidates for expanding domestic manufacture of drilling equipment are presented (as the author's choices) on the basis of the considerations expressed in previous chapters.

A. For Mineral Exploration

An opportunity exists to design and manufacture hydrostatic diamond drills capable of: a) drilling surface exploration holes to 600 m, 1 200 m, and 1 800 m in depth; and b) drilling holes 48 mm in diameter up to 300 m long in underground exploration drilling.

Production facilities to make this kind of equipment already exist in Canada. It could be manufactured on the basis of new designs and new patents, or it could be manufactured under licence, which would require agreement on the part of a foreign patent-holder.

B. For Surface Mines

At present, heavy rotary (top drive head) drills of various sizes are predominantly used for blasthole drilling in Canadian surface mines. All of them are imported.

As is pointed out in Chapter II, the use of heavy rotary drills of the kind made today would decline if the recent introduction by European manufacturers of lighter, more versatile equipment using down-the-hole drills should inspire Canadian open-pit mine operators to adapt the latest European mining methods to Canadian conditions.

TABLE 12

Canada, Estimated Demand for Underground Drilling Equipment in Possible New Mining Operations, 1984-90

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	Total (1984-1990)
				($ millions 1981)				
Modest Rate of Growth								
New machinery	9.0	11.9	14.4	7.6	14.0	7.4	8.7	73.0
Replacements	-	-	-	2.4	3.9	4.4	5.3	16.0
Spare parts	-	0.2	2.1	5.1	8.7	11.4	14.6	42.1
Total	9.0	12.1	16.5	15.1	26.6	23.2	28.6	131.1
Optimistic Rate of Growth								
New machinery	9.3	14.0	23.3	25.7	29.5	10.2	21.5	133.5
Replacements	-	-	-	2.7	4.3	6.3	9.0	22.3
Spare parts	-	0.2	2.3	5.7	11.3	18.5	22.7	60.7
Total	9.3	14.2	25.6	34.1	45.1	35.0	53.2	216.5

- Nil.

TABLE 13

Canada, Estimated Markets for Drilling Machinery and Parts, 1981 and 1990

Sales Area	1981	1990
	($ millions 1981)	
Mineral Exploration	28	35
Surface Mining		
Existing mines	70	102
Possible new mines		7[1] - 16[2]
Underground Mining		
Existing mines	161	250
Possible new mines		29[1] - 53[2]
Total	259	423[1] - 456[2]

[1] Modest rate of growth. [2] Optimistic rate of growth.

TABLE 14

Canada, Estimated Current and Prospective Export Sales of Drilling Machinery and Equipment

Equipment for	1981	1990
	($ millions 1981)	
Mineral exploration	11	16
Surface mining	2	)
		) 64
Underground mining	47	)
Total	60	80

In the author's opinion, an outstanding opportunity in the production of drilling equipment for surface mining may lie in the manufacture of a crawler-mounted, hydraulically-driven, top-hammer percussive drill rig capable of drilling large-size holes (up to 300 mm). The recent introduction of a drill of this type (Tamrock) for the hole range of 170-230 mm represents a significant step in this direction; a penetration rate of 1 metre per minute in hard granite has been reported in production drilling in Scandinavia.

Serious consideration should be given also to Canadian manufacture of a lightweight down-the-hole drill rig with associated down-the-hole hammers and percussive drill bits for drilling holes in the 251 to 311 mm in diameter range, the sizes most commonly required in surface operations.

The down-the-hole (DTH) drilling method for blasthole drilling has already been successfully applied in Canada, but use of this technique is further advanced in Europe. This method has great potential for further applications in mining. It does not need the powerful downthrust of a rotary drill and so a light, less expensive, and highly mobile vehicle can be used. The DTH method offers longer bit life and faster penetration rates in hard rock at any depth, and drills through alternating hard and soft formations more efficiently than does rotary equipment.

The penetration rate of the down-the-hole hammer increases with the diameter of the hole drilled. Because only minimal thrust is applied to the hammer from the surface, the method generally produces straighter holes than does the rotary method. The DTH technique can also produce holes angled at more than 30° from the vertical, which is often desirable but is not practicable with rotary equipment.

This type of equipment is not now being produced in Canada. DTH equipment could either be newly designed and produced in Canada by existing mining equipment makers or manufactured under license (subject to the agreement of a foreign manufacturer).

C. For Underground Mines

DTH equipment also has potential in underground mining operations, where the introduction of this equipment has already resulted in a new mining method called "Vertical Crater Retreat" (VCR). Modification of DTH equipment for use underground requires suitable carriers and smaller diameter DTH hammers designed for drilling holes 114 mm and 165 mm in diameter, the most common sizes of blastholes drilled in underground mining operations.

As mentioned above with regard to DTH equipment for surface mines, no DTH machinery is being produced in Canada. Such equipment could either be newly designed and produced in Canada by existing mining equipment manufacturers, or manufactured under licence.

Hydraulically driven rock drills represent another opportunity for the manufacture of drilling machinery for underground mining. As mentioned in Chapter II, hydraulic rock drilling is the fastest method for

drilling relatively short holes up to about 100 mm in diameter in hard rock, and its introduction represents the most significant recent advance in drilling technology.

As Canadian expertise with hydraulically driven drills is very limited at this stage, the most promising route toward domestic manufacture of such equipment would be production under licence or through a product mandate granted by an international firm to its Canadian subsidiary. A product mandate generally covers: product development (R&D and design), production for world markets, and international marketing.

D. Longer-Term Opportunities Requiring Research and Development

Possible applications in Canada of new borehole mining methods under development at the United States Bureau of Mines should be explored.

In this method, holes are drilled from the surface to the buried mineral deposit. A tool incorporating a water jet cutting system (or chemical solvent) is lowered to break down the ore and a downhole pumping system brings the ore to the surface as a slurry. This approach offers potential scope for recovering the mineral contents of:

i) deposits in highly-sensitive environmental settings;

ii) small mineral deposits for which traditional mining methods would be too costly;

iii) very high grade uranium deposits (which would involve exposure problems for miners); and

iv) deeply buried tar sands.

Research leading to the development of a wide variety of highly specialized in-the-hole equipment for breaking down or dissolving various ores could create manufacturing opportunities for making new mining equipment for domestic use which would also have high export potential.

CHAPTER V. RECOMMENDATIONS

A. Recommendations on Domestic Manufacture

It is recommended that EMR undertake consultations with other departments (such as DRIE, MOSST, CIDA, ITC), with the Ontario Centre for Resource Machinery, with the Mining Association of Canada, and with mining equipment manufacturers, to discuss the possibilities of domestic manufacture particularly of:

- mechanized electric-hydraulic down-the-hole drills, mounted on suitable carriers, and high-pressure pneumatic hammers, for drilling holes of 114 and 165 mm to a depth of up to 150 m, for underground mining.

  Possibilities: a) design and manufacture a fully Canadian product
  b) manufacture under licence

- complete percussive drill rigs with hydraulically-driven hammers, initially especially for use in underground development and production, but eventually also for surface mines.

  Possibilities for manufacture of hydraulically-driven hammers:
  a) manufacture under licence
  b) product development, manufacture and marketing through a product mandate from a major international firm.

- light-weight mechanized diesel-hydraulic down-the-hole drill rigs and associated high-pressure pneumatic hammers, capable of drilling holes in the 251 mm - 311 mm range, for use in surface mining.

  Possibilities: a) design and manufacture a fully Canadian product
  b) manufacture under licence, by agreement with foreign manufacturer

- fully hydraulic (hydrostatic) diamond drills designed to drill to 600 m, 1 200 m, and 1 800 m from the surface and similar drills designed to drill 48 mm-holes underground to a length of 300 m, for use in mineral exploration.

  Possibilities: a) design and manufacture a fully Canadian product
  b) manufacture under licence

- carriers and hydraulic systems to complete the drilling units (could be made by existing domestic manufacturers).

- components, spare parts and consumables (drill rods and drilling bits for all types of drills used in Canada.

B. Recommendations and Opportunities for R&D

Opportunities for development in Canada of a drilling equipment industry will depend on application of new technology. The current size and growth potential of the Canadian mining industry should present a favourable market for Canadian drilling equipment designed specifically to

meet the needs of domestic mining situations. A full suite of R&D projects to address short-, mid-, and long-term markets will be necessary to develop and later sustain a Canadian drilling equipment industry.

R&D to support the short-term (1 to 5-year) potential to increase Canadian content in overall drilling components should address:

i) drill bits and expendables; and
ii) control technology and automation.

Drill bits and expendables are marketable on their own, independent of original drill manufacturers. Control technology on most drills in use today in mining is rudimentary. Add-ons, as retrofit kits, capable of being adapted to the generic drill types, could generate immediate market interest through potential for drill productivity gains by, for example, automating drill rod handling.

The objectives of R&D to support mid-term (5 to 10-year) potential should be the development of total drill package capability to replace existing imports. This will require the development of Canadian expertise in drill drive trains, as well as continuation of control technology development. The highest potential area for such work currently appears to be in pneumatic high pressure in-the-hole drills and hydraulic percussive drills, for underground mining of hard rock.

The long-term (10+ years) prospects in drilling technology relate to promising new developments in mining, particularly underground bulk mining methods which might dramatically change the role of, and requirements for, drilling in mining. A key objective of much current mining R&D is to reduce the inefficiencies of the traditional cyclic operations - drill, blast, muck and support. Options such as remotely controlled robotic operations, continuous mechanical mining, in-situ leaching and borehole solution mining are being investigated. Developments in these areas could dramatically alter drilling applications in mining. Concurrent R&D of appropriate drilling equipment and technology will be necessary to make application of these new mining methods feasible. Mechanical mining for example, whether in the form of continuous miners, raise borers or tunnel boring machines, is currently based on rotary drilling action. The addition of high pressure water jet assistance to the drilling appears most promising to extend this technology into hard rock.

Non-conventional concepts for rock breakage, such as by ultra sound, laser cutting and thermal piercing warrant some attention as high risk components in a long term R&D program.

Exploration drilling is under the same pressures from thrusts to upgrade overall mining productivities. There is real need to develop lower cost methods of collecting the basic geologic information. Two specific R&D trusts for the short- to mid-term are:

i) development of economic smooth-wall drilling techniques to permit rapid access to ore zones (which could still be cored); and

ii) development of borehole geophysics capabilities to further reduce the dependency on core recovery.

GENERAL REFERENCES

1) Anderson, R., "Technical Gain May Outstrip Importance of R and D Role", The Globe and Mail, March 25, 1983, p. B-2.

2) Atlas Copco MCT AB, "Guide to Underground Mining Methods and Applications", No. 150736, Stockholm, Sweden, Atlas Copco MCT AB, 1980, 39p.

3) Bullock, R.L., "Industry-wide Trend Toward All-hydraulically Powered Rock Drills", Mining Congress Journal, Vol. 60, No. 10, October 1974, p. 54-65.

4) Bullock, R.L., "Technological Review of the All-hydraulic Rock Drills", paper presented at the Annual Meeting of the American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, N.Y., February 16-20, 1975, Preprint No. 75-AV-42, 42p.

5) Burgess, R.D., "New Diamond Products for Drilling Industry", Worthington, Ohio, U.S.A., General Electric Company, Diamond Drilling Programs, August 17, 1982, 19p.

6) Energy, Mines and Resources Canada, "Mineral Policy: A Discussion Paper", Report MP81-1E, 1982, 157p.

7) Industry, Trade and Commerce, "A Profile of the Mining Machinery and Equipment Sector in Canada", March 1982, 46p.

8) Statistics Canada, "Exports - Merchandise Trade, Commodity Detail", Catalogue 65-202 Annual, 1981, 1158p.

9) Statistics Canada, "Imports - Merchandise Trade, Commodity Detail", Catalogue 65-207 Annual, 1981, 1847p.

10) Dyck, A.V. (ed.), "Borehole Geophysics Applied to Metallic Mineral Prospecting: A Review", Geological Survey of Canada, Paper 75-31, 1975, 67p.

11) Fish, R. (ed.) "Canadian Mining Journal Reference Manual and Buyers Guide 1981", 90th Edition, Westmount, Quebec, Southam Business Publications, 1981, 195p.

12) Geller, L.B., "A Review of Diamond Drilling R&D Contracts Funded in 1973 to 1982 by the Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), CANMET Report MRP/MRL 82-41 (OP), 43p.

13) Halifax Tool Co. Ltd., "Down the Hole Hammers", Paper presented to British Drilling Association Meeting, September 1977, London, England, Edward Wells & Sons (TU) Ltd., n.d., 12p.

14) Halifax Tool Co. Ltd., "Hydraulic Drills in Open-cast", Colliery Guardian, Vol. 228, No. 2, February 1980, p. 62-66.

15) Killaen, P.G., "An Overview of the Calibration Facilities and Research Activities in Borehole Geophysics at the Geological Survey of Canada", paper presented at the United Nations Interregional Workshop on Drilling in the Mineral Industry, Sudbury, Ontario, Aug. 15-27, 1982, 18p.

16) Knoke, G.S. and Archibald, W.R., "Borehole Mining: An Environmentally Compatible Method for Mining Oil Sands", United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Flow Technology Report No. 161, Washington, D.C., February 1980, 107p.

17) Mining Journal (Staff), "Surface Mining: New Blast Hole Drill" Mining Journal, Vol. 299, No. 7680, October 29, 1982, p. 307.

18) Mining Magazine (Staff), "Air-powered Rock Drills Reviewed", Mining Magazine, Vol. 140, No. 4, April 1979, p. 324-349.

19) Molke-Ude, R., "Development Trends in Diamond Drilling", paper presented at the United Nations Interregional Workshop on Drilling in the Mineral Industry, Sudbury, Ontario, August 15-27, 1982, 8 p.

20) Muirhead, I.R. and Pathak, J., "Development Trends in Underground Metal Mining Equipment", Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), Report ERD/MRL 82-48 (OP), April 1982, 109p., p. 11-24.

21) Weakly, L.A., "A Cost and Performance Comparison of Hydraulic Drills", Mining Engineering, Vol. 31, No. 10, October 1979, p. 1447-1454.

PRODUCT CATALOGUES

		Title(s)
A.	**Drilling Equipment for Mineral Exploration**	
1)	Acker Drill Company Inc. Box 830 Scranton, Pa., 18501 U.S.A.	Acker Drill Catalog
2)	Atlas Copco Canada Inc. 745 Montreal-Toronto Blvd. Dorval, Québec H9S 1A3	Atlas Copco Manual
3)	Boart Canada Inc. 1155 Speers Rd. Oakville, Ontario L6L 2X5	Boart International
4)	Boyles Operations Dresser Canada Inc. 256 Hughes Rd., Box 460 Orillia, Ontario L3V 6K3	Boyles Diamond Drilling Equipment: Product Catalog
5)	Christensen Diamin Tools Inc. 4446 West 1730 South P.O. Box 30777 Salt Lake City, Utah, 84130 U.S.A.	Christensen Diamin Tools
6)	Drill Systems Inc. 111 - 58th Ave. S.W. Calgary, Alberta T2H 0A3	Drill Systems AP 1000
7)	Longyear Canada Inc. Box 330 North Bay, Ontario	Diamond Drilling Equipment
8)	J.K. Smit & Sons Diamond Products Limited 81 Tycos Drive Toronto, Ontario M6B 1W5	J.K. Smit Diamond Drilling Products
9)	Van Moppes - IDP Limited Tuffley Cres. Gloucester GL1 5NG England	Diamond Core Bits for Mining & Exploration

		Title(s)
10)	Wheel Trueing Tool Company of Canada Limited (Diamond Boart Group affiliate) 575 Langlois Ave. Windsor, Ontario N 8A 6J5	Exploration Drilling Products and Equipment

B. **Drilling Equipment for Surface Mining**

1)	Atlas Copco MCT AB 745 Montreal-Toronto Blvd. Dorval, Quebec	Rotomac 1702 " 1802 " 2202
2)	Bucyrus-Erie Co. of Canada, Ltd. 5070 Dixie Rd. Mississauga, Ontario L4W 1C9	45 R 60-R/61-R Blast Hole Drills
3)	Driltech Inc. P.O. Box 338 Alachua, Florida, 32615 U.S.A.	D25 KII D40 KII D80 KII Blast Hole Drills
4)	Halifax Tool Co. Ltd. Southowram, Halifax England	Mach 6 Down-the-hole hammer Halcotrack 625
5)	Ingersoll-Rand Canada Inc. Rock Drill Division Phillipsburg, New Jersey, 08865, U.S.A.	The Hole Story of Downhole Drilling Rotary Drillmasters
6)	Hughes Tool Company (Canada) Ltd. Industrial Products Division P.O. Box 2539 Houston, Texas, 77001, U.S.A.	Hughes Blast Hole Bits
7)	Joy Manufacturing Company (Canada) Limited Dundas & Beverly Sts. P.O. Box 100 Cambridge, Ontario N1R 5T4	Heavy Machinery for Mining and Construction Industries
8)	Marion Power Shovel Division Dresser Industries, Inc. P.O. Box 505 Marion, Ohio, 43302, U.S.A.	Rotary Blast Hole Drills M-2 & M-3 Rotary Blast Hole Drills

		Title(s)
9)	Salzgitter Maschinen und Anlagen AG Windmühlenbergstrasse 20-22, Salzgitter-Bad West Germany	Mining machinery and equipment
10)	Stenuick Frères National Compressed Air P.O. Box 431 Copper Cliff, Ontario P0M 1N0	i) Marteaux: S.551. S.551.W, S.551.E ii) Stenuick Down-the-hole hammers iii) Stenuick Minitrack iv) Stenuick Perfotrack
11)	Trend Rock Bit International Ltd. 524 Culdothel Rd. Victoria, British Columbia V8Z 1G1	The Journal Bushing Bit

C. **Drilling Equipment for Underground Mining**

1)	Atlas Copco Canada Inc. 745 Montreal-Toronto Blvd. Dorval, Quebec H9J 1A3	Various development jumbos and production rock drills
2)	Atlas Steels Company Limited Welland, Ontario	Atlas Rock Drill Steels
3)	Boart Canada Inc. 2442 South Sheridan Way Mississauga, Ontario L5J 2M7	Bits
4)	Ingersoll-Rand Canada Inc. 630 Dorchester Blvd. W. Montreal, Quebec H3B 1S6	Various: mechanized underground drilling equipment
5)	Joy Manufacturing Company (Canada) Limited Dundas & Beverly Sts. Cambridge, Ontario N1R 5T4	Various: mechanized underground drilling equipment
6)	Kenrock Tools Inc. 3370 Dundas St. W. Toronto, Ontario M6S 2S2	Tapered Bits and Accessories
7)	Tamrock Canada Inc. 100 Magill St. Copper Cliff, Ontario P0M 1N0	Various: mechanized underground drilling equipment

APPENDIX

DRILLING EQUIPMENT EMPLOYED AT CANADIAN UNDERGROUND MINES, BY COUNTRY OF ORIGIN AND MANUFACTURER

NOTE: This appendix illustrates the variety of equipment used in Canadian underground mines, as well as the many source countries. Based only on published information, the table is far from complete.

SOURCE: Canadian Mining Journal Reference Manual and Buyers' Guide, 1979 to 1981 editions.

Drilling Equipment Employed at Canadian Underground Mines, by Country of Origin and Manufacturer[1]

COUNTRY OF ORIGIN:		Canada			Finland		France	S. Africa	Sweden				
MANUFACTURER:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Montabert	Secan	Atlas Copco				Alimak
Mining Company	Name of Mine	Stopers Jacklegs	Jumbo-Carriers	"Long Tom" Airlegs	Stopers Drifters Jacklegs	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Jacklegs	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos
Agnico-Eagle Mines Limited	Au Div.							X					
" " "	Ag Div.	X											
Aiguebelle Resources Inc.	Mines d'Est-or												
Algoma Steel Corporation, Limited, The	G.W. MacLeod		1					X		X		X	
Asbestos Corporation Limited	King												
B.C. Coal Ltd.	Balmer												
Bell Asbestos Mines, Ltd.	Bell												
Belmoral Mines Ltd.	Forderber												
Brunswick Mining and Smelting Corporation Limited	Nos. 6 & 12	X	1		X	1					2		
Cadillac Explorations Limited	Prairie Creek												
Camflo Mines Limited	Camflo	X						X		1			
Campbell Red Lake Mines Limited				1				X					
Camchib Mines Inc.	Cedar Bay	X						X					
" " "	Gwillim Lake												
" " "	Henderson							X					
" " "	Norbeau												

Canada Talc Limited	Hedley						
Canada Tungsten Mining Corporation Limited					X		X
Canada Wide Mines Ltd.	Granduc						
CDC Inc.	Hagersville						
Canadian Salt Company, Limited, The	Ojibway						
" " " "	Windsor						
Canmore Mines, Limited, The	Canmore						
Cape Breton Development Corporation	Lingan						
" " "	No. 26						
" " "	Prince						
Carolin Mines Ltd.	Idaho Zone						
Century Coals Limited	Atlas						
Cominco Ltd.	Con	1			X	1	1
" "	Polaris						
" "	Sullivan			X	X	1	
Consolidated Durham Mines & Resources Limited				X			
Consolidated Lauzanne Gold Mines Limited	Lauzanne						
Corporation Falconbridge Copper	Cooke						
" "	Corbet						
" "	Perry			X			
" "	Springer			X			

1 This table, which does not by any means include all the drilling equipment at Canadian underground mines, has been compiled from information published in the 1979 to 1981 editions of the Canadian Mining Journal Reference Manual and Buyers' Guide.
X = More than 2 machines

COUNTRY OF ORIGIN:		United States													
MANUFACTURER:		Dresser	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robbins
Mining Company	Name of Mine	Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos	DTH-drills Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Uppers Stope-wagon drills	Jumbos	DTH-drills Rotary drills	DTH-hammers	Raise-borers
Agnico-Eagle Mines Limited	Au Div.													
" " "	Ag Div.													
Aiguebelle Resources Inc.	Mines d'Est-or													
Algoma Steel Corporation, Limited, The	G.W. MacLeod					1		1						
Asbestos Corporation Limited	Bell													
B.C. Coal Ltd.	Balmer													
Bell Asbestos Mines, Ltd.	Bell													
Belmoral Mines Ltd.	Ferderber													
Brunswick Mining and Smelting Corporation Limited	Nos. 6 & 12	2			1									
Cadillac Explorations Limited	Prairie Creek													
Camflo Mines Limited	Camflo		X											
Campbell Red Lake Mines Limited														
Camchib Mines Inc.	Cedar Bay													
" " "	Gwillim Lake													
" " "	Henderson								X					
" " "	Norbeau													

Canada Talc Limited	Madoc								
Canada Tungsten Mining Corporation Limited		X	X						
Canada Wide Mines Ltd.	Grandluc								
CDC Inc.	Hagersville								
Canadian Salt Company, Limited, The	Ojibway								
" " " "	Windsor								
Canmore Mines, Limited, The	Canmore								
Cape Breton Development Corporation	Lingan								
" " "	No. 26								
" " "	Prince								
Carolin Mines Ltd.	Idaho Zone								
Century Coals Limited	Atlas								
Cominco Ltd.	Con						2	1	
" "	Polaris								
" "	Sullivan		X	1					
Consolidated Durham Mines & Resources Limited			X						
Consolidated Louvana Gold Mines Limited	Louvana								
Corporation Falconbridge Copper	Cooke								
" "	Corbet								
" "	Perry		X	X	X		X	X	
" "	Springer		X	X	X		X	X	

COUNTRY OF ORIGIN:		Canada			Finland		France	S. Africa	Sweden				
MANUFACTURER:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Montabert	Secan	Atlas Copco				Alimak
Mining Company	Name of Mine	Stopers Jacklegs	Jumbo-Carriers	"Long Tom" Airlegs	Stopers Drifters Jacklegs	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Jacklegs	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos
Cullaton Lake Gold Mines Ltd.	Cullaton Lake												
Denison Mines Limited	Elliot Lake		1					X					
Dickenson Mines Limited	Dickenson												
" " "	Silvena												
Dome Mines, Limited	Dome			1									
Dunter Inc.	Caledonia												
" "	Goderich												
" "	Unity												
Dresser Canada, Inc.	Kilmar												
Du Pont of Canada Exploration Limited	Baker												
Echo Bay Mines Ltd.	Lupin												
Erickson Gold Mines Ltd.	Erickson Creek												
Evans Coal Mines Ltd.	St. Rose												
Falconbridge Limited	East Mine												
" "	Falconbridge	X		X									X
" "	Fecunis North			1									
" "	Fraser	X		X	X	X							X
" "	Lockerby		1	1							1	1	
" "	Onaping-Craig												
" "	Strathcona				X	1							1

Gaspé Copper Mines, Limited	Needle Mtn.		1								1			
Giant Yellowknife Mines Limited			1										1	
Goldlund Mines Limited	Goldlund													
Heath Steele Mines Ltd.	Heath Steele		1					X		1				
Hudson Bay Mining and Smelting Co., Limited	Alsask													
" "	Anderson Lake		1					X						
" "	Cabri													
" "	Centennial							X	X					
" "	Chisel Lake							X						
" "	Flin Flon							X	X					
" "	Ghost Lake							X						
" "	Osborne Lake							X						
" "	Spruce Point													
" "	Stall Lake	X	1					X						
" "	Trout Lake													
" "	Western	X	2					X	X					
Inco Limited	Copper Cliff N		1					X				1		
" "	Copper Cliff S		1				1							
" "	Crean Hill		1				1							
" "	Creighton #9		2		X	X	1					1		
" "	Frood		2		X	X	1					1		
" "	Garson													
" "	Levack Central									1				
" "	Little Stobie	X								1		1	1	
" "	McCreedy W.													

COUNTRY OF ORIGIN:		United States													
MANUFACTURER:		Dresser	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robbins	
Mining Company	Name of Mine	Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos	DTH-drills Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Uppers Stope-wagon drills	Jumbos	DTH-drills Rotary drills	DTH-hammers	Raise-borers	
Culleton Lake Gold Mines Ltd.	Culleton Lake														
Denison Mines Limited	Elliot Lake		X	2	3										
Dickenson Mines Limited	Dickenson														
" " "	Silvana														
Dome Mines, Limited	Dome								X	2					
Domtar Inc.	Caledonia														
" "	Goderich										X	X			
" "	Unity														
Dresser Canada, Inc.	Kilmar														
Du Pont of Canada Exploration Limited	Baker														
Echo Bay Mines Ltd.	Lupin														
Erickson Gold Mines Ltd.	Erickson Creek														
Evans Coal Mines Ltd.	St. Rose														
Falconbridge Limited	East Mine														
" "	Falconbridge		X	1						X			X		
" "	Fecunis North									X					
" "	Fraser			X	X			X	X	X		X			
" "	Lockerby			X				X		X					
" "	Onaping-Craig														
" "	Strathcona								X	X	X				

Gaspé Copper Mines, Limited	Needle Mtn.							1		X		1							
Giant Yellowknife Mines Limited										X	X	1							
Goldlund Mines Limited	Goldlund																		
Heath Steele Mines Ltd.	Heath Steele	1	X	1	1								1						
Hudson Bay Mining and Smelting Co., Limited	Alseak																		
" "	Anderson Lake		X																
" "	Cabri											;							
" "	Centennial		X																
" "	Chisel Lake			1	1	1													
" "	Flin Flon																		
" "	Ghost Lake		X		1	1													
" "	Osborne Lake		X		1	1													
" "	Spruce Point																		
" "	Stall Lake		X		1						1								
" "	Trout Lake											1					3		
" "	Westarm																		
Inco Limited	Copper Cliff N			1													1		
" "	Copper Cliff S			1	1	1													
" "	Crean Hill																1		
" "	Creighton #9			1	1			2									1		
" "	Frood .				1							1					1		
" "	Garson			1						X	1	1					2		
" "	Levack Central			1	X					X	1	1					1		
" "	Little Stobie		X		X					X			X	X			2		
" "	McCready W.																		

COUNTRY OF ORIGIN:		Canada			Finland		France	S. Africa	Sweden				
MANUFACTURER:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Monta-bert	Secan	Atlas Copco				Alimak
Mining Company	Name of Mine	Stopers Jacklegs	Jumbo-Carriers	"Long Tom" Airlegs	Stopers Drifters Jacklegs	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Jacklegs	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos
Inco Limited (cont'd)	Shebandowan												
" "	Stobie							X					
" "	Thompson												
Kerr Addison Mines Ltd.													
Kidd Creek Mines Ltd.	Kidd Creek #2												
Kiena Gold Mines Ltd.													
Lac Minerals Ltd.	Bousquet												
Les Mines Selbaie	Selbaie												
Madeleine Mines Ltd.													
Mattabi Mines Limited	Sturgeon Lake		1					X			1		
McIntyre Mines Limited	Smoky River												
Mosquito Creek Gold Mining Company Limited, The	Mosquito Creek												
Muscocho Explorations Limited	Montauban												
Nanisivik Mines Ltd. (Private)													
Newfoundland Zinc Mines Limited													
Noranda Mines Limited	Chadbourne												
" " "	Geco Div.												
" " "	Goldstream												

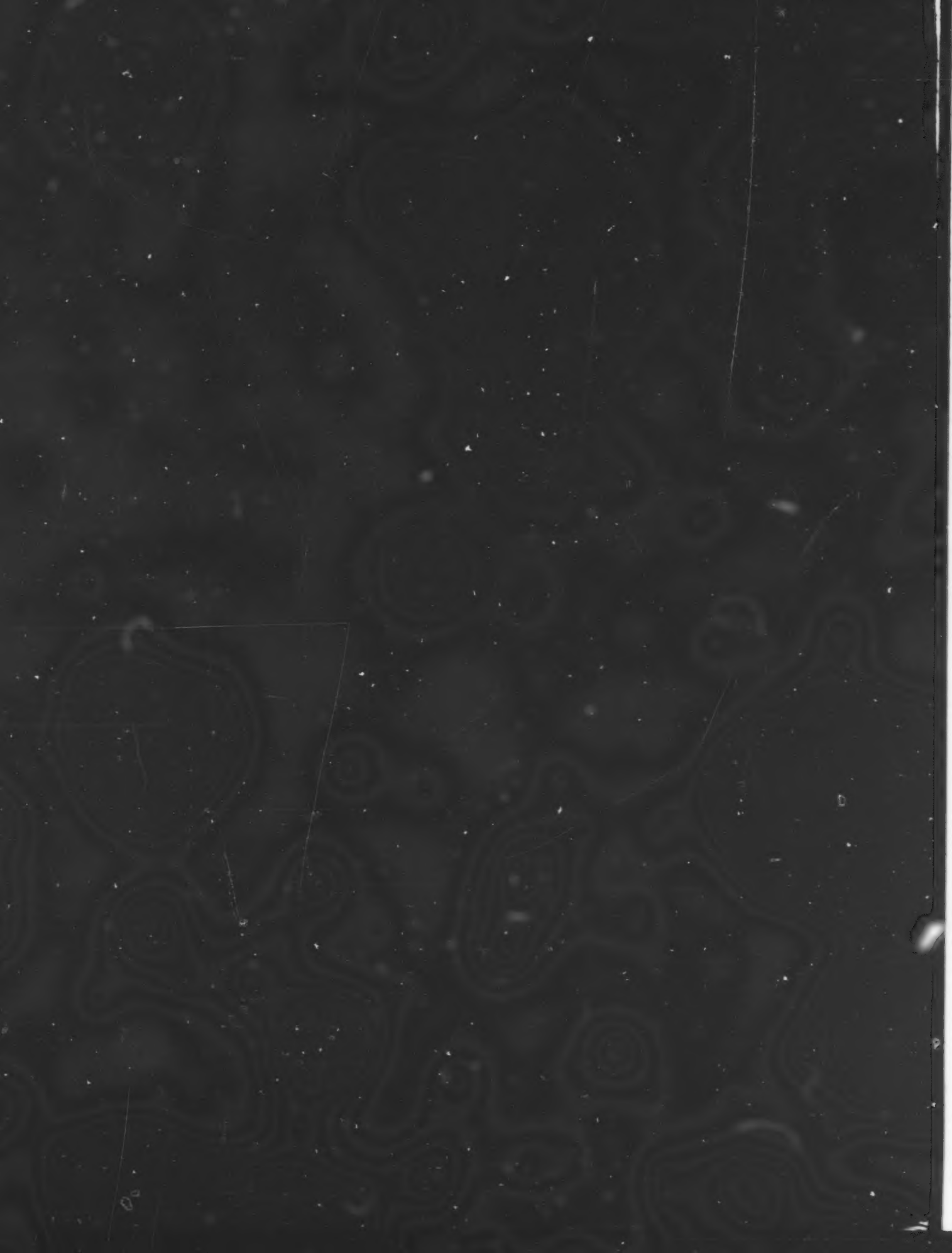
"	"	"	Lynn Lake					
"	"	"	Mattagami					
"	"	"	Norita					
"	"	"	Urchan	2	2	X	1	1
Northair Mines Ltd.			Scottie					
Northgate Patino Mines Inc.			Copper Rand		X		1	
"	"	"	Portage					
Pamour Porcupine Mines, Limited			Hollinger					
"	"	"	Hoyle					
"	"	"	Pamour 1 Div.			X	1	
"	"	"	Ross					
"	"	"	Schumacher Div.		X	X		
Potash Company of America			Saskatoon					
Potash Corporation of Saskatchewan			Allan					
"	"	"	Cory					
"	"	"	Lanigan					
"	"	"	Rocanville Div.					
Quebec Sturgeon River Mines Limited			Bachelor Lake					
Renable Mines (1981) Limited			Renable					
Rio Algom Limited			Panel		X		2	
River Hebert Coal Company Limited			River Hebert					
Seleine Mines Inc.			Seleine					

COUNTRY OF ORIGIN:		United States												
MANUFACTURER:		Dresser	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robbins
Mining Company	Name of Mine	Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos	DTH-drills Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Uppers Stope-wagon drills	Jumbos	DTH-drills Rotary drills	DTH-hammers	Raise-borers
Inco Limited (cont'd)	Shebandowan							X	X					
" "	Stobie			X				X		1		1		1
" "	Thompson						1			1				1
Kerr Addison Mines Ltd.				2	4	5				1	4			5
Kidd Creek Mines Ltd.	Kidd Creek #2													
Kiena Gold Mines Ltd.														
Lac Minerals Ltd.	Bousquet													
Les Mines Selbaie	Selbaie													
Madeleine Mines Ltd.														
Mattabi Mines Limited	Sturgeon Lake													
McIntyre Mines Limited	Smoky River													
Mosquito Creek Gold Mining Company Limited, The	Mosquito Creek													
Muscocho Explorations Limited	Montauban													
Nanisivik Mines Ltd. (Private)														
Newfoundland Zinc Mines Limited			X											
Noranda Mines Limited	Chadbourne													
" " "	Geco Div.													
" " "	Goldstream			X				X						

"	"	"	Lyon Lake				
"	"	"	Mattagami				
"	"	"	Norita				
"	"	"	Orchan				
Northair Mines Ltd.			Scottie				
Northgate Petino Mines Inc.			Copper Rand	X	X	X	X
"	"	"	Portage				
Pamour Porcupine Mines Limited			Hollinger	X			1
"	"	"	Hoyle				
"	"	"	Pamour I Div.	X			
"	"	"	Ross				
"	"	"	Schumacher Div.		X	1	
Potash Company of America			Saskatoon				
Potash Corporation of Saskatchewan			Allan				
"	"	"	Cory				
"	"	"	Lanigan				
"	"	"	Rocanville Div.				
Quebec Sturgeon River Mines Limited			Bachelor Lake				
Renable Mines (1981) Limited			Renable				
Rio Algom Limited			Panel	X	X		
River Hebert Coal Company Limited			River Hebert				
Seleine Mines Inc.			Seleine				

COUNTRY OF ORIGIN:		Canada			Finland		France	S. Africa	Sweden				
MANUFACTURER:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Montabert	Secan	Atlas Copco				Aliask
Mining Company	Name of Mine	Stopers Jacklegs	Jumbo-Carriers	"Long Tom" Airlegs	Stopers Drifters Jacklegs	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Jacklegs	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos
Sherritt Gordon Mines Limited	Fox		1							1	1		
" " "	Rutten		1					X	X	X	1		
Sigma Mines (Quebec) Limited													
Taurus Resources Ltd.	Taurus												
Teck Corporation	Beaverdell												
" " "	Highmac												
Terra Mines Ltd.	Silver Bear												
Thomas Keegan Limited	Pictou												
Thorburn Mining Limited	Stellarton												
Westfab Mines Limited	Tasu												
Westmin Resources Limited													
Westroc Industries Ltd.	Drumbo												
" " "	Lynn-Myra												
Willroy Mines Limited	Macassa Div.												

COUNTRY OF ORIGIN:		United States													
MANUFACTURER:		Dresser	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robbins	
Mining Company	Name of Mine	Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Air-tracks Fan-drills Ring-drills	Jumbos	DTH-drills	Jumbos	DTH-drills Raise-borers	Stopers Drifters Jacklegs	Uppers Stope-weapon drills	Jumbos	DTH-drills Rotary drills	DTH-hammers	Raise-borers
Sherritt Gordon Mines Limited	Fox							1						2
" " "	Rutten							1						1
Sigma Mines (Quebec) Limited				1	1									
Taurus Resources Ltd.	Taurus													
Teck Corporation	Beaverdell						1							
" " "	Niobec													
Terra Mines Ltd.	Silver Bear													
Thomas Bragan Limited	Pictou													
Thorburn Mining Limited	Stellarton													
Woodrob Mines Limited	Tasu			3	2				X					
Westmin Resources Limited									X	1				
Westroc Industries Ltd.	Drumbo													
" " "	Lynx-Myra													
Willroy Mines Limited	Macassa Div.			1										



MRI 84/4

SECTEUR DE LA POLITIQUE MINÉRALE
RAPPORT INTERNE

MATÉRIEL DE FORAGE UTILISÉ DANS L'EXPLORATION MINÉRALE ET L'EXPLOITATION MINIÈRE AU CANADA - POSSIBILITÉS POUR L'INDUSTRIE

Canada

CANADA

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES

OTTAWA

Secteur de la politique minérale
rapport interne
MRI 84/4

MATERIEL DE FORAGE UTILISÉ DANS L'EXPLORATION MINÉRALE ET L'EXPLOITATION MINIÈRE AU CANADA - POSSIBILITÉS POUR L'INDUSTRIE

A.J. Jakubek
Division de la politique des ressources
Secteur de la politique minérale

Octobre 1983

REMERCIEMENTS

M. D. B. Gladwin (CANMET) a donné d'excellentes suggestions lors de la rédaction de l'ébauche de ce document et a particulièrement contribué à la formulation des recommandations en matière de recherche et de développement. Ses suggestions ont été grandement appréciées.

PREFACE

Ceux qui connaissent bien le domaine de l'exploration minérale et de l'exploitation minière en roche dure au Canada conviendront pour la plupart que la proportion du matériel de forage qui est fabriquée au Canada est étonnamment faible. Cependant, les avis sont beaucoup plus partagés lorsqu'il s'agit des possibilités qui existent en ce domaine et des moyens à prendre pour les réaliser. Voilà, de toute évidence, une question qui mérite d'être largement débattue.

Essentiellement, le présent rapport expose le point de vue de l'auteur, ingénieur en forage possédant une longue et riche expérience du marché international. Il a pour but de soulever une discussion sur les possibilités qui s'offrent aux concepteurs et fabricants canadiens de matériel de forage. L'auteur ne prétend pas traiter le sujet à fond ni passer en revue toutes les solutions possibles. Il veut simplement amorcer un débat sur un sujet qui mérite sans l'ombre d'un doute que les Canadiens s'y attardent sérieusement.

C.G. Miller
Sous-ministre adjoint
(Politique minérale)

RÉSUMÉ

L'auteur du présent rapport examine les applications actuelles et futures des machines de forage destinées à l'exploitation minière et à l'exploration minérale (dans ce contexte, le mot "minérale" exclut le pétrole et le gaz). Il indique où sont fabriquées les machines de forage employées au Canada et voit s'il serait possible d'en produire une partie dans notre pays. Il signale les cas particuliers où il semble faisable, pour des fabricants canadiens de matériel minier, d'étendre leurs lignes de produits, qui sont actuellement très limitées dans le domaine du forage. La clé du succès réside dans la capacité des entreprises de se spécialiser dans des types de matériel qui représentent une technologie de pointe et qui présentent les meilleures chances de développement.

Dans l'industrie des minéraux, le forage a essentiellement deux fonctions: d'une part, obtenir des données géologiques (forage d'exploration) et d'autre part, désagréger la roche (forage de production et sautage).

Le forage d'exploration a pour but d'obtenir des renseignements fiables sur les formations rocheuses auxquelles il n'est pas possible d'avoir accès autrement. La foreuse au diamant, qui permet d'extraire une carotte - échantillon solide de la roche traversée par l'outil de forage est actuellement l'appareil le plus fréquemment utilisé à cette fin. Le forage au diamant est de loin la méthode la plus coûteuse. Sur le nombre total de mètres forés chaque année au Canada dans le cadre des travaux d'exploration et de production (chiffre qui correspond à environ six fois la distance de la surface au centre de la Terre), seulement 5 % le sont au moyen de foreuses au diamant.

Le forage de production, quant à lui, a pour but de percer des trous de mine dans lesquels on introduit des charges explosives. Dans les mines souterraines, on emploie normalement ce qu'il est convenu d'appeler une foreuse percutante. Il s'agit en fait d'une foreuse rotative à laquelle s'ajoute l'action d'un marteau perforateur. Dans les mines à ciel ouvert, où l'on perce habituellement des trous de mine de fort diamètre, on emploie actuellement la foreuse rotative de trous de mine.

Dans le développement d'une mine (phase qui précède la mise en production), le forage a pour buts 1) de délimiter le gisement avec précision et d'en déterminer le volume et la teneur et, au besoin, 2) d'ouvrir un passage vers le gisement en vue de le mettre en production. Les forages du premier type sont comparables au forage d'exploration et ceux du second type au forage de production. Aussi, emploie-t-on des foreuses au diamant ou, dans le développement des mines à ciel ouvert, de petites foreuses rotatives pour évaluer le gisement, et des foreuses percutantes pour creuser les voies d'accès.

Chaque année, l'industrie canadienne achète pour environ 260 millions de dollars* (dollars de 1981) de machines de forage et de pièces, qu'elle utilise dans la recherche et l'exploitation minière de métaux, d'uranium, de charbon et de minéraux industriels. Seulement le tiers de ce matériel est fabriqué au Canada (87 M$); le reste, qui représente plus de 170 M$, est importé.

En plus des machines de forage utilisées au pays (87 M$), les fabricants canadiens ont produit pour 60 M$ de matériel destiné à l'exportation, ce qui porte à 147 M$ la valeur totale de la production canadienne en 1981.

Ainsi, nous exportons beaucoup moins de machines de forage pour exploitation minière que nous en importons, d'où un déficit annuel d'environ 110 M$ (1981). Ce n'est que dans la catégorie du matériel de forage d'exploration que nos exportations surclassent nos importations (11 M$ contre 6 M$ en 1981). La douzaine de fabricants canadiens de matériel de forage destiné à l'exploration minérale (c'est-à-dire les foreuses au diamant ou les pièces) sont pour la plupart des filiales d'entreprises étrangères. Les appareils de forage au diamant sont les seuls appareils de forage complètement assemblés au Canada. La valeur du marché international des foreuses au diamant, sur lequel nous exportons pour 11 M$ de matériel, est de l'ordre de 100 M$.

Outre les foreuses au diamant et leurs pièces, la production canadienne de matériel de forage est surtout constituée de tiges de forage, d'outils de forage (trépans), de marteaux perforateurs pneumatiques légers et de transporteurs sur lesquels sont montés certains appareils de forage mécanisés pour mines souterraines. Toutes les autres machines de forage destinées à l'exploitation souterraine sont importées, et l'ont toujours été. Il en est de même des appareils de forage destinés aux exploitations à ciel ouvert. Autrement dit, le Canada ne produit aucun des appareils de forage percutant, pourtant très divers, employés dans le développement et l'exploitation des mines, ni aucune des foreuses rotatives de trous de mine destinées à l'exploitation des mines à ciel ouvert. Cet équipement est importé en majeure partie des États-Unis et, dans une moindre mesure, de la Suède et de la Belgique. Les produits que le Canada exporte en plus grandes quantités sont des tiges de forage, des outils de forage et des marteaux perforateurs, qui trouvent preneurs dans le monde entier (46 M$ en 1981).

Pour réussir à augmenter sa capacité de fabrication de matériel de forage, le Canada doit considérer avec soin le choix du matériel à produire. Le mieux serait qu'il se spécialise dans certaines pièces d'équipement de haute technologie qui semblent être les produits dont on a le plus besoin dans l'immédiat.

Dans le domaine du forage au diamant, le progrès le plus important accompli récemment (à la fin des années 70) a été l'introduction

---

* millions de dollars: M$

d'un modèle de foreuse entièrement hydraulique-hydrostatique, qui présente un nombre appréciable d'avantages par rapport aux foreuses de type classique qui ont une transmission de puissance mécanisée.

Dans le domaine de l'exploitation des mines à ciel ouvert, la tendance à l'augmentation du diamètre des trous de mine et, du même coup, à l'emploi d'appareils de forage rotatif plus encombrants et plus puissants, a disparu. Dans plusieurs types de mines à ciel ouvert du Canada, il semble que l'avenir soit à l'utilisation de machines plus petites, plus simples à utiliser et à entretenir, moins coûteuses et plus mobiles. L'auteur est d'avis que la machine qui satisfait à ces exigences et qui offre des vitesses d'avancement élevées à un coût faible est l'appareil de forage percutant monté sur chenilles, équipé de marteaux plongeurs fonctionnant sous une forte pression d'air. Dans les systèmes à marteaux plongeurs, le marteau pneumatique accompagne l'outil de forage au fond du trou, ce qui élimine les pertes de puissance le long du train de tiges. Le forage percutant des trous de mines sera mis de l'avant dans les mines canadiennes à ciel ouvert, seulement si la dernière méthode d'exploitation européenne, qui emploie encore avec succès le forage, réussit à s'adapter aux conditions canadiennes. Les experts ne sont cependant pas tous du même avis.

Dans les mines souterraines, on tend à abandonner les foreuses à main au profit d'appareils de forage mécanisés, comme des jumbos (chariots de perforation) à un ou plusieurs marteaux perforateurs dont chacun est monté sur un bras distinct. On demande à ces machines de forer avec rapidité des trous relativement courts, et la plus grande innovation à cet égard a été le remplacement des marteaux pneumatiques par des marteaux hydrauliques. L'auteur est d'avis qu'au Canada, les marteaux pneumatiques à main seront largement abandonnés au profit des appareils de forage hydrauliques, au cours des années 80. Pour le forage des trous longs et droits de fort diamètre, qui rendent possible l'utilisation de nouvelles méthodes d'exploitation minière, les marteaux plongeurs à haute pression seront de plus en plus utilisés dans un avenir très proche.

En 1981, le marché canadien du matériel de forage (environ 260 M$) peut se répartir ainsi: environ 30 M$ pour l'exploration (c'est-à-dire, les foreuses au diamant), 70 M$ pour les mines à ciel ouvert et 160 M$ pour les mines souterraines. D'ici la fin de la présente décennie, la valeur du marché canadien du matériel de forage augmentera peut-être à environ 35 M$ par année pour l'exploration, 115 M$ pour les mines à ciel ouvert et 290 M$ pour les exploitations souterraines, ce qui donne un total de l'ordre de 440 M$ (dollars de 1981). Les exportations pourraient passer de 60 M$ en 1981 à près de 80 en 1990, si les lignes de produits restent ce qu'elles sont actuellement; toutefois, l'augmentation pourrait être beaucoup plus marquée si l'industrie augmentait sa gamme de produits.

L'auteur termine par des recommandations sur la fabrication de produits au Canada et sur l'exécution de travaux de recherche et de développement dans notre pays. Les produits dont il recommande la fabrication se ramènent à quatre types de matériel de forage qui représentent une technologie de pointe. Les travaux de recherche et de développement suggérés portent sur les mêmes appareils.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
PARTIE I LA SITUATION ACTUELLE	2
CHAPITRE I. MATÉRIEL DE FORAGE	2
A. Matériel utilisé dans le monde	2
B. Au Canada	8
C. Importations	18
D. Exportations	29
PARTIE 2 LES PERSPECTIVES D'AVENIR	36
CHAPITRE II. ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE DU FORAGE	36
A. Forage d'exploration	36
B. Forage dans les mines à ciel ouvert	39
C. Forage dans les mines souterraines	40
CHAPITRE III. MARCHÉS POSSIBLES	42
A. Généralités	42
B. Marchés possibles dans les mines canadiennes actuelles	42
C. Exportations possibles	43
D. Marchés dans de nouvelles mines possibles	44
E. Perspectives d'avenir	45
CHAPITRE IV. POSSIBILITÉS DE FABRICATION DE MATÉRIEL DE FORAGE	49
A. Pour l'exploration minérale	49
B. Pour mines à ciel ouvert	49
C. Pour mines souterraines	50
D. Possibilités à plus long terme qui exigent des travaux de recherche et de développement	51
CHAPITRE V. RECOMMANDATIONS	51
A. Recommandations au sujet des appareils fabriqués au Canada	51
B. Possibilités en matière de recherche et de développement et recommandations	52
BIBLIOGRAPHIE	55
CATALOGUES DE PRODUITS	57
ANNEXE Matériel de forage employé dans des mines souterraines du Canada, pas pays d'origine et fabricants	60

Page

TABLEAUX

1. Coûts approximatifs du matériel de forage d'exploration, 1981 3

2. Coûts approximatifs du matériel de forage pour mines à ciel ouvert, 1981 7

3. Coûts approximatifs du matériel de forage pour mines souterraines, 1981 9

4. Principaux fabricants de matériel de forage d'exploration, au Canada 10

5. Quantités minimales d'appareils de forage rotatif utilisés dans des mines à ciel ouvert, au Canada, en 1981 13

6. Quantités minimales d'appareils de forage percutant utilisés dans des mines à ciel ouvert, au Canada 14

7. Principaux fabricants de matériel de forage de production, au Canada 15

8. Importations de machines de forage au Canada, 1979-1981, et répartition estimative par utilisation finale 19

9. Exportations canadiennes de machines de forage, 1979-1981, et répartition estimative par utilisation finale 30

10. Nombre de gisements qui pourraient être mis en production au Canada, 1984-1990 46

11. Demande estimative de matériel de forage dans de nouvelles mines à ciel ouvert au Canada, 1984-1990 46

12. Demande estimative de matériel de forage dans de nouvelles mines souterraines au Canada, 1984-1990 47

13. Valeur estimative des marchés de machines de forage et pièces au Canada, 1981 et 1990 48

14. Estimation des exportations actuelles et futures de machines et de matériel de forage, au Canada 48

Page

FIGURES

1. Marteau plongeur 6.1

2. Importations de matériel de forage au Canada, 1979-1981 20

3. Moyenne des importations au Canada, entre 1979 et 1981, de machines de forage de terrain, pièces, n.m.a. (Cat. 52119) 21

4. Moyenne des importations au Canada, entre 1979 et 1981, de pièces de perforatrices de rochers, n.m.a. (Cat. 52105) 22

5. Moyenne des importations au Canada, entre 1979 et 1981, de perforatrices de rochers, n.m.a. (Cat. 52103) 24

6. Moyenne des importations au Canada, entre 1979 et 1981, de fleurets de perforatrices rotatives, n.m.a. (Cat. 52107) 25

7. Moyenne des importations au Canada, entre 1979 et 1981, de fleurets de perforatrices, n.m.a. (Cat. 52112) 26

8. Moyenne des importations au Canada, entre 1979 et 1981, de sondeuses à carottes, forets et pièces (Cat. 52101) 27

9. Exportations canadiennes de matériel de forage, 1979-1981 31

10. Moyenne des exportations canadiennes, entre 1979 et 1981, de sondeuses à carottes, forets et pièces (Cat. 52101) 33

11. Moyenne des exportations canadiennes, entre 1979 et 1981, de perforatrices de rochers (marteaux) et pièces (Cat. 52104) 34

12. Moyenne des exportations canadiennes, entre 1979 et 1981, de fleurets de perforatrices (Cat. 52112) 35

INTRODUCTION

Dans ses travaux sur la politique minérale, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a porté une attention particulière à la question des machines et du matériel d'exploitation minière (6)[1]. L'auteur du présent rapport jette un regard sur une partie de ce matériel, plus particulièrement les machines de forage qui sont utilisées dans l'exploitation minière et l'exploration minérale et qui ouvrent des perspectives intéressantes aux fabricants canadiens de matériel minier. Il examine tour à tour l'utilisation de ces machines au Canada, leur provenance et les possibilités d'utilisation et de fabrication qu'elles offrent à l'industrie canadienne.

Le forage est une activité indispensable, tant dans les mines à ciel ouvert que dans les mines souterraines. Entre 1976 et 1980, les forages de production au Canada ont totalisé près de 35 millions de mètres par année (m/a) en moyenne. A cela s'ajoutent 2 millions de mètres (m) forés dans le cadre des travaux d'exploration minérale (dans ce rapport, le mot minérale ne comprend pas le pétrole et le gaz), dans la recherche de nouveaux gisements et dans la reconnaissance de gisements connus. Ce total de 37 millions de m équivaut à six fois la distance de la surface au centre de la Terre. Pourtant, les fabricants canadiens de matériel de forage ne fournissent qu'un tiers de l'équipement employé par l'industrie minière canadienne.

Au Canada, on emploie de nombreux types de machine de forage, dont chacun a une fonction distincte. Dans l'exploitation minière, le forage sert, par exemple, à percer les trous de mine dans lesquels on introduit les charges explosives et à creuser des galeries. Dans l'exploration, il a pour but d'obtenir des échantillons de roche sur lesquels on puisse se fier; la foreuse au diamant est fréquemment utilisée à ce stade des travaux parce qu'elle permet d'extraire une carotte-échantillon solide de la roche qu'elle pénètre.

En raison de cette grande diversité des forages, l'auteur fait une distinction entre les appareils destinés à l'exploration, aux mines à ciel ouvert et aux mines souterraines.

La première partie présente un tableau de la situation actuelle. La deuxième partie concerne les perspectives d'avenir.

---

[1] Le numéro entre parenthèses se rapporte à la référence de la page.

PARTIE 1

LA SITUATION ACTUELLE

CHAPITRE I. MATÉRIEL DE FORAGE

A. Matériel utilisé dans le monde

A.1 Pour l'exploration minérale

Dans l'exploration minérale, on utilise trois genres d'appareil de forage: l'appareil de forage au diamant, l'appareil de forage rotatif et l'appareil de forage percutant. Les deux derniers sont surtout utilisés en exploitation minière, mais ils ont également des applications au stade de la recherche des minéraux.

A.1.1 L'appareil de forage au diamant

La foreuse au diamant est l'instrument le plus important des forages d'exploration. Elle sert à retirer du sol un échantillon de roche cylindrique, appelé carotte.

L'appareil de forage au diamant comprend généralement un châssis, un groupe moteur, une transmission, une pompe à boue de forage, une tête d'injection hydraulique, un treuil et des tiges de forage munies à leur extrémité d'un tube carottier et d'une couronne diamantée.

La remontée des carottes peut s'effectuer de deux façons:

i) par la méthode traditionnelle, dans laquelle les tiges de forage sont remontées par longueurs de 1,5, 3 ou 6 m pour l'enlèvement des carottes; et

ii) par la méthode du câble, qui consiste à faire descendre et à remonter le tube carottier à l'intérieur des tiges de forage, de manière à extraire la carotte sans avoir à retirer les tiges du trou.

Les foreuses au diamant utilisées de nos jours sont équipées d'une transmission hydrostatique qui, contrairement à la transmission à engrenages, rend possible une variation continue de la vitesse et du couple de rotation. Ces foreuses modernes sont légères et faciles à manier et à transporter.

Le tableau 1 indique les coûts approximatifs du matériel de forage au diamant.

A.1.2 L'appareil de forage rotatif (à tête motrice de mât)

L'appareil de forage rotatif comprend un transporteur (camion, remorque ou chenilles), un moteur et une pompe à boue de forage ou un compresseur, ou les deux. Un moteur hydraulique fixé au mât de forage imprime un mouvement de rotation directement aux tiges de forage. Il est relié à la chaîne à rouleaux, elle-même activée par deux cylindres hydrauliques, et exerce une poussée sur l'outil de forage par l'intermédiaire des tiges de forage. La tête motrice coulisse sur une glissière, le long du mât.

Étant donné qu'elle attaque la roche à la fois par rotation et par pression, la foreuse rotative doit être puissante pour imprimer un couple suffisant à l'outil de forage, et suffisamment lourde pour vaincre la résistance de la roche.

Dans la roche sédimentaire tendre, il faut utiliser un outil à lames, trépan constitué de quatre lames à pointes de carbure de tungstène qui déchirent ou désagrègent la roche au fond du trou. La remontée des déblais de forage s'effectue par injection d'air comprimé, d'eau ou de boue dans les tiges de forage.

TABLEAU 1

Coûts approximatifs du matériel de de forage d'exploration, 1981[1]

Matériel	Coût $
Appareil de forage au diamant	
Complet, pour forage jusqu'à 600 m, tiges à câble, carotte de 36 mm	
a) transmission mécanique	150 000
b) transmission hydraulique	180 000
Tube carottier, câble BQ	800
Couronne diamantée	
Carotte de 36 mm	
a) diamants sertis	325
b) diamants rapportés	375-595

Source: Longyear Canada Inc., North Bay, Ontario.
[1] f.à b. à l'usine canadienne.

Dans de la roche ignée dure, on emploie un outil tricône. Ce trépan est constitué de trois molettes coniques, généralement serties de dents en carbure de tungstène, qui travaillent par rotation, sous une poussée considérable, et qui désagrègent la roche. La purge du trépan s'effectue par injection d'air, de boue ou d'eau.

La méthode de forage rotary produit des déblais de forage au lieu d'une carotte. La foreuses rotatives sont les seules machines capables de mettre en oeuvre la méthode par circulation inverse inter-parois, qui consiste à injecter la boue de forage (air, fluide ou les deux) dans l'espace compris entre la tige extérieure et la tige intérieure et à remonter les esquilles de roche par le tube central. Ce procédé sert à obtenir des échantillons de roche de dureté moyenne à grande ou de roche fracturée. Dans ce cas-ci, on emploie des outils tricônes modifiés.

En exploration minérale, les foreuses rotatives sont particulièrement utiles pour prélever des échantillons de roche tendre ou moyennement dure, qu'elles peuvent pénétrer jusqu'à des profondeurs de plus de 1 000 m.

En roche tendre et meuble, comme le sable, le gravier, l'argile et le schiste argileux, on emploie plutôt une tarière munie d'un taillant en métal dur. Les déblais sont remontés dans le filet en hélice de la tarière. La technique de forage par tarière a l'avantage de ne nécessiter aucune boue pour le forage des trous peu profonds qui ne dépassent pas quelques douzaines de mètres.

A.1.3 L'appareil de forage percutant mécanisé

Les foreuses percutantes mécanisées sont de plus en plus utilisées dans l'exploration minérale. A l'instar des foreuses rotatives, elles produisent uniquement des déblais de forage. Elles fonctionnent sensiblement de la même façon que les foreuses rotatives, sauf qu'à l'effet de rotation s'ajoute celui de la percussion créé par un marteau perforateur à entraînement pneumatique ou hydraulique. Les appareils de forage percutant sont beaucoup plus légers que les appareils de forage rotatif et sont généralement montés sur chenilles. Il en existe essentiellement deux types:

i) appareils de forage à marteau de mât;
ii) appareils de forage à marteau plongeur[1].

Un appareil de forage à marteau de mât comprend un transporteur, un groupe moteur, un mât, un treuil, un marteau perforateur lourd (également appelé "perforatrice au rocher", "perforatrice d'avancement" ou "driver") et un compresseur. Sur certains modèles, on emploie un moteur hydraulique distinct pour faire tourner le train de tiges. La position du mât peut être réglée de façon à forer des trous sous divers angles.

---

[1] En français, les expressions "marteau fond-de-trou" et "marteau au fond du trou" s'emploient également dans ce sens.

L'appareil de forage à marteau de mât a toutefois un inconvénient: chaque fois que l'on ajoute une tige de forage, l'énergie que reçoit l'outil de forage sous l'effet du choc du marteau décroît, ce qui provoque une chute rapide du rendement et limite l'emploi de cette méthode à des trous peu profonds.

En exploration, les appareils de forage à marteau de mât sont particulièrement utiles pour retirer des déblais de trous de faible diamètre (jusqu'à 102 mm) forés dans des roches de dureté moyenne ou grande, jusqu'à une profondeur d'environ 120 m.

L'appareil de forage à marteau plongeur fonctionne de la même façon, sauf que le marteau pneumatique n'est pas fixé au mât de forage, mais accompagne l'outil de forage dans sa course. Sur ce type d'installation, la rotation du train de tiges s'effectue au moyen d'un moteur distinct.

Au cours du forage, le piston du marteau plongeur (figure 1) vient frapper directement l'outil de forage; il n'y a donc aucune déperdition d'énergie le long du train de tiges. Il n'y a pratiquement pas de perte de pénétration avec la profondeur du trou. Pour un rendement optimal, il faut utiliser de l'air à haute pression. L'air est également utilisé au maximum, puisque l'air d'échappement du marteau sert également à évacuer les débris de forage par l'espace compris entre les tiges de forage et la paroi du trou. Sans utiliser de boue, il est possible de forer des trous jusqu'à une profondeur de 300 m, dans n'importe quelle direction. Comme les marteaux plongeurs se contentent d'un minimum de poussée et de couple, les foreuses à marteau plongeur n'ont pas besoin d'une tête de rotation puissante ni d'une forte pression.

En général, les appareils de forage à marteau plongeur conviennent le mieux à la remontée des déblais dans des trous de fort diamètre (supérieur à 102 mm) forés jusqu'à des profondeurs de 200 m.

A.2 Dans les mines à ciel ouvert

Dans les mines à ciel ouvert, les foreuses ont essentiellement deux usages: la reconnaissance du gisement et le percement des trous de mine (développement de la mine). Le forage de reconnaissance a pour but de déterminer la teneur, le volume et les dimensions d'une zone minéralisée qui a déjà été localisée par l'exploration. Il se distingue du forage d'exploration, dont l'objectif est de découvrir de nouvelles zones minéralisées.

Le forage de reconnaissance utilise des appareils de forage au diamant, de petites foreuses rotatives et des appareils à marteau de mât et à marteau plongeur, du genre de ceux que l'on utilise en exploration.

Le percement des trous de mine est la première étape de la production d'une mine à ciel ouvert. Actuellement, on utilise surtout des foreuses rotatives très puissantes. Plus robustes que les appareils destinés à l'exploration, elles sont capables de forer des trous de mine très larges à une grande vitesse. Sur ce type d'appareil, le maniement des tiges est automatique, l'assemblage est facile à exécuter, et la descente et la

remontée des tiges de fort diamètre se font rapidement. Pour le percement des trous de mine de petit calibre, les deux types de foreuses percutantes s'emploient.

Le tableau 2 indique les coûts approximatifs de ce matériel.

A.3 Dans les mines souterraines

Dans les mines souterraines, les forages de reconnaissance et de production s'effectuent principalement à l'aide de foreuses percutantes.

Les appareils de forage pouvant trouver un emploi dans les mines souterraines sont très variés et peuvent être divisés en cinq catégories: 1) appareils souterrains de forage au diamant; 2) marteaux légers à main; 3) jumbos mécanisés; 4) appareils de forage de production; et 5) foreuses de montages.

En règle générale, c'est la foreuse souterraine au diamant que l'on utilise pour obtenir l'information géologique précise nécessaire au développement de la mine et à la planification à long terme des travaux de production.

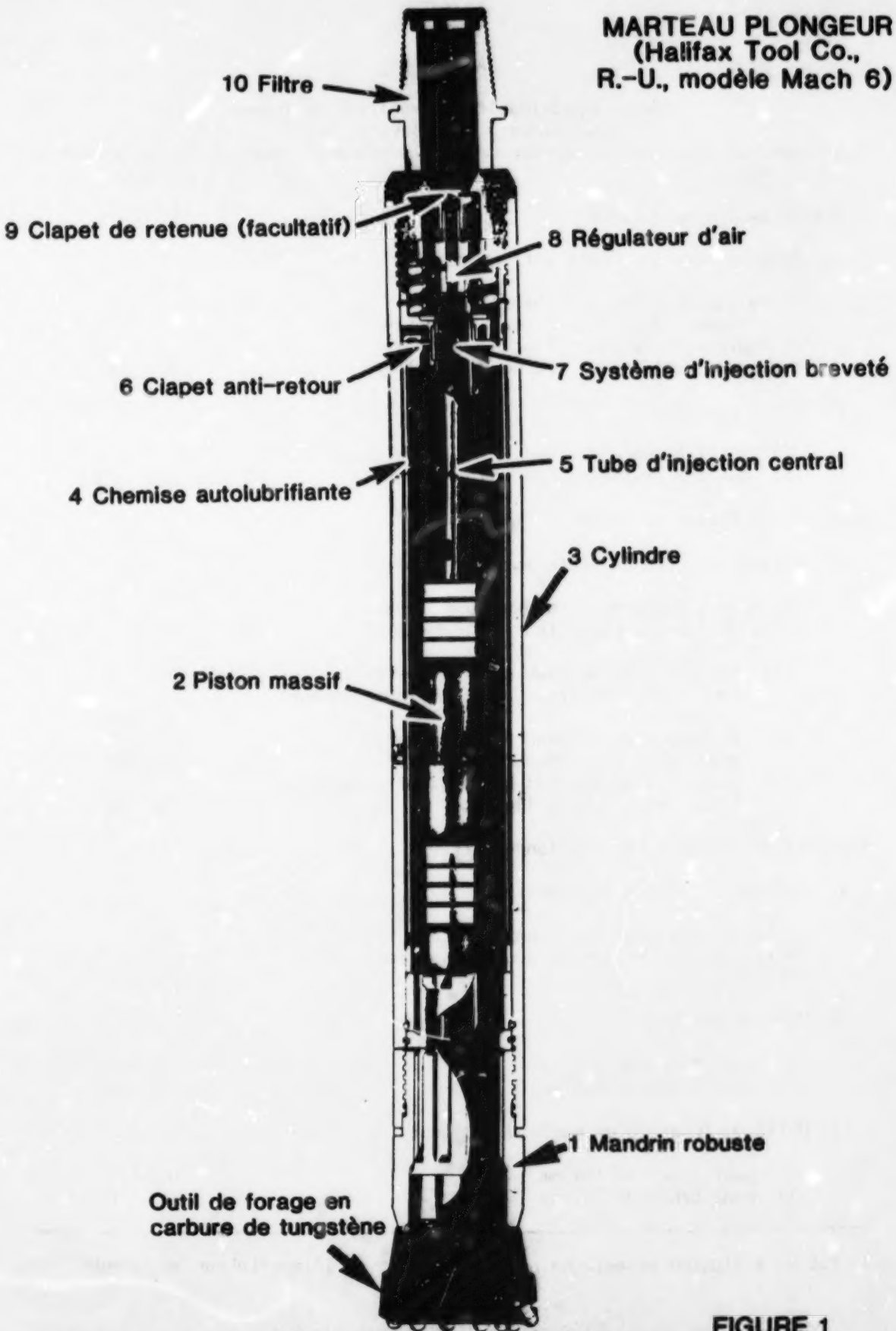

MARTEAU PLONGEUR
(Halifax Tool Co.,
R.-U., modèle Mach 6)
10 Filtre
9 Clapet de retenue (facultatif)
8 Régulateur d'air
6 Clapet anti-retour
7 Système d'injection breveté
4 Chemise autolubrifiante
5 Tube d'injection central
3 Cylindre
2 Piston massif
1 Mandrin robuste
Outil de forage en
carbure de tungstène

FIGURE 1

TABLEAU 2

Coûts approximatifs du matériel de forage pour mines à ciel ouvert, 1981[1]

Matériel	Coût
	$
Appareil de forage rotatif	
a) Foreuse rotative (tête motrice de mât)	
De taille moyenne, sur chenilles, avec entraînement électrique (courant continu) et équipement de base; conçue pour forer des trous de 171 mm à 270 mm de diamètre.	835 000
b) Outil tricône	
i) outil à dents fraisées, 171 mm de diamètre	1 360
ii) outil à pastilles, 270 mm de diamètre	4 000-4 700
Appareil de forage percutant	
a) Foreuse percutante (tête motrice de mât)	
Mécanisée, équipement de base, compresseur, tiges de forage, collecteur de poussières	
i) équipée d'un marteau pneumatique conçu pour forer des trous de 75 mm (compresseur inclus)	250 000
ii) équipée d'un marteau hydraulique conçu pour forer des trous de 89 mm	275 000
iii) équipée d'un marteau hydraulique conçu pour forer des trous de 114 mm.	348 000
Appareil de forage à marteau fond-de-trou	
a) Foreuse à marteau fond-de-trou	
De taille moyenne, sur chenilles, dix tiges de forage, collecteur de poussières (compresseur inclus)	238 000
b) Marteau plongeur	
i) pour trous de 114 mm	4 000
ii) pour trous de 165 mm	8 000
c) Outil de forage pour marteau plongeur	
i) pour trous de 114 mm	460-650
ii) pour trous de 165 mm	820-1 025

1 f.à b. à l'usine canadienne ou à l'entrepôt de l'importateur au Canada.

Le type de forage utilisé dans la reconnaissance d'un gisement dépend de la grosseur du front d'avancement la résistance du minerai et de la roche et des dimensions du matériel de chargement employé. Dans les fronts larges, on fait appel à des jumbos sur chenilles ou sur pneus qui portent entre 1 et 4 bras. Les transporteurs peuvent être mus par des moteurs diesel ou électriques. Les foreuses comme telles, marteaux perforateurs de divers modèles, sont actionnées par de l'air comprimé ou, depuis plus récemment, par un fluide hydraulique. Dans les fronts étroits, on se sert de marteaux perforateurs tenus à la main et soutenus par des béquilles pneumatiques, de petits jumbos ayant ordinairement un bras unique et plus court, ou encore de Long Tom sur voie.

Dans les forages de production (creusement de chambres), le genre de matériel employé dépend de la méthode d'exploitation minière. En général, on utilise des foreuses percutantes légères sur béquilles pneumatiques dans les méthodes par chambres-magasins, par cube de soutènement et par tailles ascendantes (overhand stoping) (voir Bibliographie (2) et (19)).

Dans les méthodes par chambres et piliers et dans l'exploitation par chambre remblayée, on emploie des jumbos et des machines sur chariot qui sont équipées de marteaux perforateurs. Pour le boulonnage, on utilise également une variante de jumbo.

Dans les méthodes d'exploitation par sous-niveaux foudroyés et par traçage et soutirage, on emploie des machines de forage en éventail et de forage circulaire, avec des marteaux perforateurs montés sur des transporteurs spécialement conçus à cette fin.

Dans la méthode d'abattage par trous de mine profonds, dans la méthode d'exploitation rabattante par sous-étages (sublevel retreat) et dans celle, plus récente, du Vertical-Crater Retreat, on emploie des appareils de forage fond-de-trou équipés de marteaux plongeurs pneumatiques.

Le tableau 3 indique les coûts approximatifs du matériel d'exploitation souterraine.

B. Au Canada

L'industrie minière canadienne emploie tous les genres de matériel de forage décrits ci-dessus. Cependant, très peu d'appareils sont fabriqués au complet par des entreprises canadiennes.

B.1 Pour l'exploration minérale

Environ 800 foreuses au diamant destinées à l'exploration à ciel ouvert et à l'exploration souterraine appartiennent actuellement à des entrepreneurs en forage du Canada. La plupart sont des appareils de type classique fabriqués au Canada par un des trois grands fabricants canadiens de foreuses au diamant, à savoir la Dresser Canada, Inc., Boyles Operation,de Orillia (Ont.); la Longyear Canada Inc., de North Bay (Ont.); et la J.K. Smit & Sons Diamond Products Limited, de Toronto et North Bay (Ont.) (tableau 4).

La société Drill Systems de Calgary (Alb.) convertit des foreuses rotatives légères (à tête motrice de mât) et fabrique des tiges de forage à doubles parois et leurs accessoires adaptés à une méthode de forage qu'elle

a elle-même mise au point (Centre Sample Rotary ou CSR). En outre, plusieurs sociétés canadiennes de petite taille fabriquent des outils de forage à diamants et d'autres accessoires pour le forage au diamant.

TABLEAU 3

Coûts approximatifs du matériel de forage pour mines souterraines, 1981[1]

Matériel	Coût $
Marteau	
a) perforateur léger, à commande pneumatique, béquille pneumatique comprise, conçu pour forer des trous de 45 mm	4 500
b) perforateur, lourd, à commande hydraulique, conçu pour forer des trous de 89 mm	30 000
Machine de forage	
A foreuse percutante (à tête motrice de mât), à commande hydraulique, sur trois pneus, conçu pour forer des trous allant jusqu'à 100 mm de diamètre, complet	266 000
Foreuse sur chariot	
Pour forage circulaire, à 1 bras, actionné à l'air comprimé, conçu pour forer des trous allant jusqu'à 50 mm (compresseur et fleuret non compris)	80 000
Jumbo	
De dimensions moyennes, à 2 bras, à 2 marteaux pneumatiques, conçu pour forer des trous de 38 mm, complet	250 000
Jumbo	
De dimensions moyennes, à 2 bras, à 2 marteaux hydrauliques, conçu pour forer des trous de 38 mm, complet	300 000
Appareil de forage au diamant (souterrain)	
De dimensions moyennes, entièrement mécanisé	150 000
Appareil de forage fond-de-trou	
De dimensions moyennes, sur chenilles, avec dix tiges de forage de 89 mm de diamètre et marteau plongeur pour percement de trous de 165 mm de diamètre, complet	225 000

[1] f.à b. à l'usine canadienne ou à l'entrepôt de l'importateur au Canada.

TABLEAU 4

Principaux fabricants de matériel de forage pour exploration minérale, au Canada

Société	Lieu de l'usine	Nature des produits	Observations
Boyles Operation, Dresser Canada, Inc.	Orillia, Ont.	Gamme complète de foreuses au diamant classiques pour mines souterraines et à ciel ouvert, avec profondeur de pénétration de 45 m à 1 720 m. Tiges de forage, pompes à boue et autres accessoires.	Filiale de Dresser Industries Inc., É.-U.
Christensen Diamond Products (Canada) Ltd. 505 4th Ave. S.W. Calgary (Alb.)	Calgary, Alb.	Carottiers à tubes doubles et triples et outils de forage à diamants pour usages spéciaux.	Filiale de Christensen Diamin Tools Inc., É.-U.
Drill Systems, Inc. 111 58th Ave. S.W.,	Calgary, Alb.	Tiges de forage à double paroi et autres accessoires pour forage à circulation inverse. conversion de foreuses rotatives à tête motrice de mât pour utiliser la méthode de la circulation inverse.)	Filiale de Turbo Resources Limited, Canada
Fordia Limitée, 710, De Miniac St-Laurent (Qué.)	St-Laurent, Qué.	Outils de forage à diamants	
Heath & Sherwood (1964) Limited	Kirkland Lake, Ont.	Foreuses au diamant pour forages profonds (jusqu'à 4 700 m)	Filiale de Turbo Resources Limited, Canada
Hydracore Drills Ltd. 12511 No. 2 Rd. Richmond (C.-B.)	Richmond, C.-B.	Foreuses au diamant pour exploration à faible profondeur (jusqu'à 60 m)	
Lamage Limited 845 Jet Ave. North Bay (Ont.)	North Bay, Ont.	Outils de forage à diamants	

TABLEAU 4 (suite)

Société	Lieu de l'usine	Nature des produits	Observations
Longyear Canada Inc. 1111 Main St.W. North Bay (Ont.)	North Bay, Ont.	Gamme complète de foreuses au diamant classiques pour mines souterraines et à ciel ouvert. Plusieurs modèles d'outils de forage à diamants hydrostatiques, de tubes carottiers et de tiges de forage à câble central, dispositif économisant du travail.	Filiale de Boart International Luxembourg S.A.H., Afrique du Sud
Pilot Diamond Tools Limited Tower Drive North Bay (Ont.)	North Bay, Ont.	Outils de forage à diamants	
J.K. Smit & Sons Diamond Products Ltd. 81 Tycos Drive Toronto (Ont.)	North Bay, Ont.	Gamme complète de foreuses au diamant, avec profondeur de pénétration possible de 450 m. Carottiers à doubles tubes, tiges de forage, outils de forage à diamants. Foreuses au diamant légères faites sur commande et accessoires.	
Trend Rock Bit International Ltd. 524 Culduthel Rd. Victoria (C.-B.)	Victoria, C.-B.	Outils tricônes rotatifs	
Weadrill Equipment 877 Derwent Way New Westminster (C.-B.)	New Westminster C.-B.	Foreuses au diamant avec profondeur de pénétration de 1 680 m, tiges de forage, tubages, tubes carottiers, produits à diamant.	
Wheel Trueing Tool Company of Canada Limited 574 Langlois Windsor (Ont.)	Windsor, Ont.	Outils de forage à diamants	Filiale de la Diamont Boart

Source: Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada.

Les sociétés Wesdrill de New Westminster (C.-B.) et Heath & Sherwood (1964) Limited, de Kirkland Lake (Ont.) produisent des appareils de forage spéciaux qui conviennent aux forages profonds.

Après avoir relevé, en collaboration avec la Canadian Diamond Drilling Association, les secteurs où des recherches s'imposent, CANMET a adjugé des contrats pour l'étude de la trajectoire des trous et de la récupération des carottes, pour la mise au point d'instruments de diagraphie et d'un transporteur léger et, plus récemment (1982), pour l'étude du problème de la réduction des bruits (Geller, 12).

B.2 Dans les mines à ciel ouvert

Tous les types d'appareil de forage énumérés dans la section A.2 sont employés au Canada dans les mines à ciel ouvert.

Une partie des travaux de développement est confiée à des sociétés de forage d'exploration. Le reste est exécuté par les sociétés minières, qui utilisent leur propre matériel et leur personnel. Il n'existe pas de données publiées sur le nombre d'appareils de forage d'exploration qui appartiennent aux sociétés minières.

Le tableau 5 indique les genres et quantités d'appareils de forage rotatif utilisés au Canada dans des mines à ciel ouvert; le tableau 6 est réservé aux machines à percussion.

Il n'y a pas au Canada de fabricants de foreuses rotatives de trous de mine. Chaque année, l'industrie des minéraux achète pour 35 M$ d'outils tricônes rotatifs, en majeure partie à des sociétés étrangères. Cependant, la société Trend Rock Bit International Ltd. en produit maintenant à une de ses usines de Victoria (C.-B.); jusqu'à maintenant, toutefois, ses produits se limitent à des trépans de faible diamètre.

Le tableau 5 fait ressortir clairement l'absence du Canada sur le marché des appareils de forage rotatif. La situation est semblable dans le cas des foreuses percutantes (tableau 6), quoique certaines pièces de fabrication canadienne soient intégrées aux machines assemblées au Canada. Par exemple, les sociétés Atlas Copco Canada Inc. et Tamrock Canada Inc., utilisent des supports fabriqués en partie au Canada sur certains appareils de forage mécanisés qu'ils assemblent à leurs usines de Montréal (Qué.) et de Copper Cliff (Ont.).

B.3 Dans les mines souterraines

Tous les types d'appareils de forage énumérés dans la section A.3 sont employés au Canada dans les mines souterraines.

Les forages d'exploration au diamant sont exécutés à la fois par des sociétés minières, qui utilisent alors leur propre matériel, et par des entrepreneurs en forage. Il n'existe pas de données sur le nombre d'appareils de forage au diamant qui appartiennent aux sociétés minières.

Au Canada, la production de matériel de forage pour développement et production de mines souterraines (tableau 7) se limite à des appareils de basse technologie; elle est surtout constituée de tiges et d'outils de forage et comprend aussi des marteaux perforateurs pneumatiques de type classique. Les trois fabricants de matériel de forage ne produisent que des marteaux pneumatiques légers, capables de forer des trous de 6 m de longueur et d'un diamètre de 45,5 mm tout au plus. Ces trois sociétés sont la Canadian Ingersoll-Rand Canada Inc., de Sherbrooke (Qué.), la Joy Manufacturing Company (Canada) Limited, de Cambridge (Ont.), et la U & N Equipment Ltd., de North Bay (Ont.).

Le Canada ne produit pas de marteaux pneumatiques ou hydrauliques de grande robustesse, capables de forer des trous longs et larges et montés sur des appareils de forage de n'importe quel type.

TABLEAU 5

Quantités minimales[1] d'appareils de forage rotatif utilisés dans des mines à ciel ouvert[2], au Canada, en 1981

Fabricant	Type de foreuse	Pays d'origine	Nombre d'unités
Bucyrus-Erie	B-E 30R	É.-U.	1
"	B-E 40R	É.-U.	20
"	B-E 45R	É.-U	25
"	B-E 50R	É.-U.	12
"	B-E 60R	É.-U.	50
Gardner-Denver	GD-60	É.-U.	1
"	GD-80	É.-U.	1
"	GD-100	É.-U.	2
"	GD-120	É.-U.	8
Ingersoll-Rand	T-4	É.-U.	3
"	T-8	É.-U.	1
"	DM-6	É.-U.	1
Robbins	R-10-S	É.-U.	1
"	RR-12	É.-U.	1
Marion (Dresser)	M-4	É.-U.	4
Reich	T-650	É.-U.	6
Drilltech	D-50K	É.-U.	2
"	D-80K	É.-U.	1
Total			140

Source: (11)

[1] Selon les chiffres rapportés par 43 mines, sur un total possible de 292 mines et carrières en exploitation en 1981. [2] On compte en plus 25 appareils de forage rotatif de type non déterminé dans des mines de charbon de l'Alberta et de la Colombie-Britannique. Ne comprend pas le matériel utilisé dans des carrières où sont extraites de la pierre à bâtir ou de la pierre de cimenterie.

Certains transporteurs de jumbos électriques, hydrauliques ou pneumatiques de diverses tailles sont assemblés au Canada, et on en trouve qui sont fabriqués ici. Toutefois, les groupes moteurs, transmissions et pièces hydrauliques, y compris les foreuses comme telles, sont tous importés.

Les producteurs régionaux sont la Jarvis Clark Company Limited, de Burlington (Ont.), la Eaton-Yale Limited, de Woodstock (Ont.) et la Baycar Steel Fabricating Limited, de Sudbury (Ont.). Aucune entreprise canadienne ne fabrique des appareils de forage fond-de-trou, ni des marteaux plongeurs, ni des foreuses de montages.

On trouve à l'annexe 1 un tableau qui donne une idée des genres d'appareils de forage souterrain employés dans des mines canadiennes, en indiquant leur provenance. Ce tableau, basé uniquement sur de l'information publiée, est loin d'être complet, mais illustre la variété des appareils utilisés et la pluralité des pays d'origine.

TABLEAU 6

Quantités minimales[1] d'appareils de forage percutant utilisés dans des mines à ciel ouvert, au Canada

Fabricant	Type de foreuse	Pays d'origine	Nombre d'unités
Marteaux pneumatiques			
Gardner Denver	PR 123	É.-U.	9
" "	PR 143	É.-U.	2
" Airtrack	ATD 300	É.-U.	3
"	GD 3200	É.-U.	1
Ingersoll-Rand	URD 475	É.-U.	5
" "	IR 350	É.-U.	2
Joy	VCR 260	É.-U.	1
" (Mustang)	VCR 280	É.-U.	3
"	TM 600	É.-U.	1
Atlas Copco	ROC 302	Suède	3
TOTAL			30

Source: (11).

[1] D'après les chiffres rapportés par 43 mines, sur un total possible de 292 mines et carrières en exploitation en 1981. Ne comprend pas le matériel utilisé dans des carrières où sont extraites de la pierre à bâtir et de la pierre de cimenterie.

TABLEAU 7

Principaux fabricants de matériel de forage de production, au Canada

Société	Lieu de l'usine	Nature des produits	Remarques
Atlas Copco Canada Inc. 745, boul. Montréal-Toronto Dorval (Qué).	Dorval (Qué)	Gamme complète d'outils percutants coniques et de fleurets. Jumbos fariqués au Canada avec marteaux et pièces hydrauliques importés; les transmissions sont montées sur des supports canadiens fabriqués par Eaton-Yale.	Filiale de l'Atlas Copco AB de Suède
Boart Canada Inc. Drilling Tool Division 2242 South Sheridan Way Mississauga (Ont.)	Mississauga (Ont.)	Gamme complète d'outils percutants, coniques et filetés à dents serties et pastilles en carbure de tungstène, de 32 mm à 127 mm de diamètre. Fleurets.	Filiale de la Boart International Luxembourg S.A.H. (Afrique du Sud)
Brunner & Lay (Canada) Ltd. 3180 American Drive Mississauga (Ont.)	Mississauga (Ont.)	Outils percutants, filetés, à dents serties et pastilles en carbure de tungstène. Fleurets.	Appartient à F. Brunner, É.-U.
Eaton Yale Limited, Forestry and Construction Equipment Division Devonshire St. Woodstock (Ont.)	Woodstock (Ont.)	Transporteurs, composantes et pièces de certains jumbos.	Filiale de la Eaton Corporation, É.-U.
Fagersta Limited 1157 Blair Road Progress Park Burlington (Ont.)	Burlington (Ont.)	Gamme complète d'outils percutants, coniques et filetés, à dents serties et pastilles en carbure de tungstène. Fleurets.	Filiale de la Fagersta A.B. de Suède.

TABLEAU 7 (suite)

Société	Lieu de l'usine	Nature des produits	Remarques
Gardner-Denver Canada Inc. 1800 Ellesmere Road Scarborough (Ont.)	Woodstock (Ont.)	Ligne complète d'appareils de forage de production mécanisée, hydrauliques et pneumatiques, pour mines souterraines. Ligne complète de foreuses rotatives de trous de mine pour mines à ciel ouvert. (Les appareils sont assemblés et modifiés selon les spécifications du client.)	Filiale de la Cooper Industries, Inc., Houston, É.-U.
Ingersoll-Rand Canada Inc. 30, boul. Dorchester Ouest Montréal (Qué)	Montréal (Qué)	Marteaux pneumatiques, capables de forer des trous de 45 mm de diamètre; béquilles pneumatiques, fleurets, outils de forage percutants. Foreuses pneumatiques sur chenilles (assemblées).	Filiale de l'Ingersoll-Rand Co., É.-U.
Jarvis Clark Co. Ltd. Burlington (Ont.)	Burlington (Ont.)	Transporteurs, composantes et pièces de certains jumbos.	
Joy Manufacturing Co., (Canada), Ltd.	Cambridge (Ont.)	Marteaux perforateurs légers, à commande pneumatique, béquilles pneumatiques, fleurets.	Filiale de la Joy Manufacturing Corporation
Kenroc Tools Inc. Usines: 3370 Dundas W. Toronto et 180 9th St. North Bay (Ont.)	Toronto (Ont.) North Bay (Ont.)	Gamme complète d'outils percutants, coniques et filetés, à dents sertie et pastilles en carbure de tungstène, de 32 mm à 127 mm de diamètre. Fleurets. Outils percutants pour marteaux plongeurs, de 114 mm à 445 mm de diamètre.	Filiale de la Kennametal Inc., É.-U.
MacLean Engineering & Marketing Co. Limited 5-100 Mountain Collingwood (Ont.)	Collingwood (Ont.)	Matériel de forage mécanisé.	

TABLEAU 7 (fin)

Société	Lieu de l'usine	Nature des produits	Remarques
Mac-Wood Machine Limited 17 Sheard Ave. Brampton (Ont.)	Brampton (Ont.)	Béquilles pneumatiques pour Long Tom.	
Manley Steels Limited	Thornhill (Ont.)	Outils percutants, coniques et filetés, à pastilles en carbure de tungstène. Fleurets.	
Omnitrade Limited 141 Brockhouse Toronto (Ont.)	Toronto (Ont.)	Outils percutants filetés à dents serties et pastilles en carbure de tungstène. Fleurets.	Filiale d'une entreprise d'État de la Tchécoslovaquie
Tamrock Canada Inc. 100 Magill St. Copper Cliff (Ont.)	Copper Cliff (Ont.)	Appareils de forage sur transporteurs, comprenant des supports fabriqués par la Eaton Yale et la Baycar Steel Fabricating Limited, ainsi que des marteaux pneumatiques et hydrauliques importés.	Filiale de la Oy Tampella AB de Finlande
Teledyne Canada Mining Products 35 Elgin St. N. Thornbury (Ont.)	Thornbury (Ont.)	Matériel de forage mécanisé.	
TRI-M, Rock Drilling Accessories Limited 325 Limestone Cr., Toronto (Ont.)	Toronto (Ont.)	Outils percutants, coniques et filetés, à pastilles en carbure de tungstène, fleurets. Outils percutants pour marteaux plongeurs, de 98 mm à 305 mm de diamètre.	Appartient à F. Brunner, É.-U.
U & N Equipment Ltd. Birch's Rd. North Bay (Ont.)	North Bay (Ont.)	Marteaux perforateurs pneumatiques, capables de forer des trous de 38 mm de diamètre.	

Compilation d'après des renseignements communiqués par téléphone.

C. Importations

C.1 Statistiques

Le tableau 8 et la figure 2 donnent de l'information sur les importations canadiennes de matériel minier. (Données extraites de formules douanières et rassemblées par Statistique Canada)

En 1981 seulement, le Canada a importé pour 172 M$ de matériel de forage pour travail en roche dure, dont la répartition va comme suit:

		Millions de dollars	%
52119	Machines de forage de terrain, pièces, n.m.a.	52,4	30
52105	Pièces de perforatrices de rochers, n.m.a.	50,7	30
52103	Perforatrices de rochers, n.m.a.	26,4	15
52107[1]	Fleurets de perforatrices rotatives	25,2	15
52112	Fleurets de perforatrices, n.m.a.	13,9	8
52101	Sondeuses à carottes, forets et pièces	3,4	2
		172,0	100

1 On estime que, sur les 59,2 M$ de matériel de catégorie 52107 importé en 1981, seulement 25,2 M$ étaient destinés à l'industrie minière.

Les machines de forage de terrain et pièces, n.m.a. (52119) - englobent une variété de matériel de forage utilisé dans les mines souterraines et à ciel ouvert pour travail en roche dure et des foreuses rotatives employées dans les mines de charbon à ciel ouvert (figure 3).

Les pièces de perforatrices de rochers (52105) englobent les pièces de rechange des appareils de forage rotatif et percutant sur transporteurs, dont les applications sont indiquées dans le paragraphe qui traite de la catégorie 52103. Comme l'indique la figure 4, près de la moitié des importations totales de ces pièces entre 1979 et 1981 provenait des États-Unis, un tiers de la Suède, et le reste d'autres pays.

TABLEAU 8

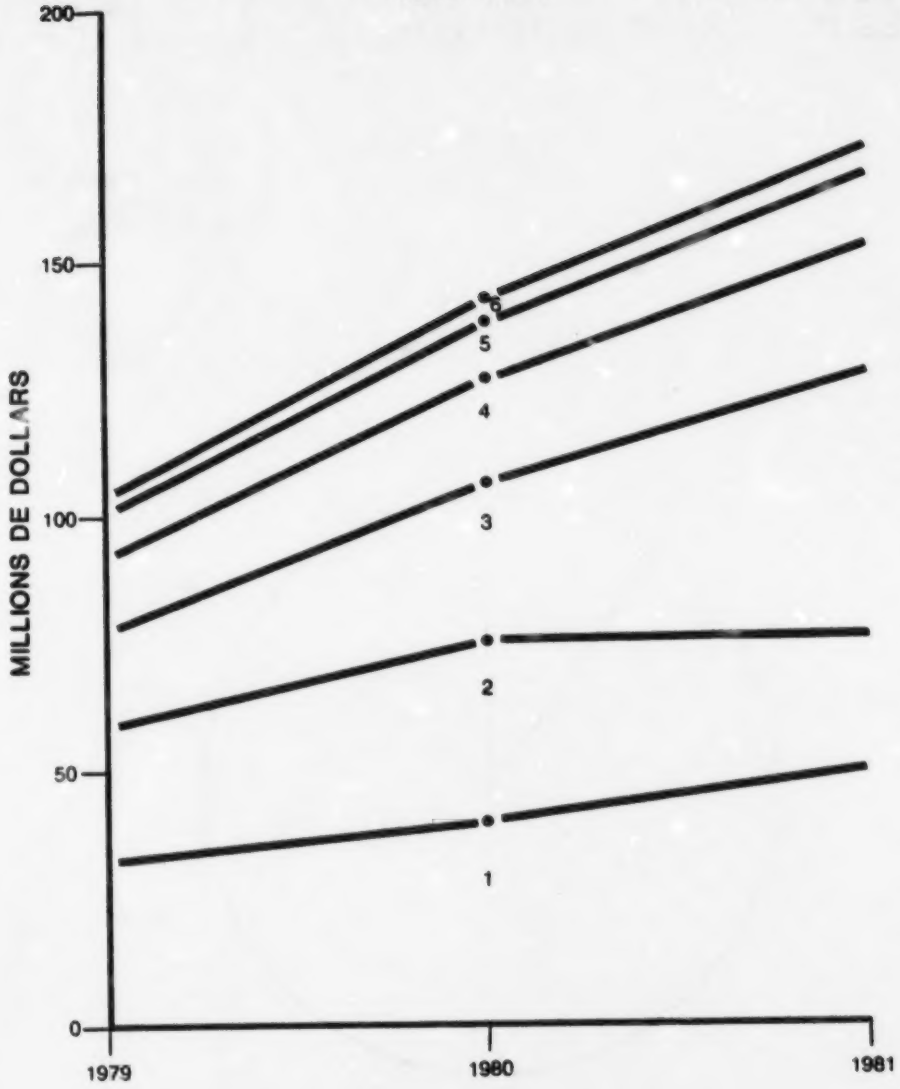
Importations de machines de forage au Canada, 1979 à 1981, et répartition estimative par utilisation finale

Catégorie	1979	1980	1981
	(en millions de $)		
52101, sondeuses à carottes, forets et pièces			
Exploration	2,5	3,8	3,4
Mines à ciel ouvert	-	-	-
Mines souterraines	-	-	-
52103, perforatrices de rochers, n.m.a.			
Exploration	-	-	-
Mines à ciel ouvert	3,8	6,1	8,2
Mines souterraines	10,6	14,3	18,2
52105, pièces de perforatrices de rochers, n.m.a.			
Exploration	-	-	-
Mines à ciel ouvert	7,7	11,2	14,7
Mines souterraines	26,2	29,7	36,0
52107, fleurets de perforatrices rotatives			
Exploration	0,8	1,0	0,7
Mines à ciel ouvert	23,8	32,2	23,2
Mines souterraines	1,3	1,8	1,3
52112, fleurets de perforatrices, n.m.a.			
Exploration	-	-	-
Mines à ciel ouvert	2,9	3,3	4,4
Mines souterraines	6,1	7,1	9,4
52119, machines de forage de terrain, pièces, n.m.a.			
Exploration	1,0	2,0	2,5
Mines à ciel ouvert	8,5	11,2	16,4
Mines souterraines	8,6	18,5	33,5
Toutes catégories			
Exploration	4,3	6,8	6,6
Mines à ciel ouvert	46,7	64,1	66,9
Mines souterraines	52,7	71,3	98,4
Grand total	103,7	142,1	172,0

Sources: Statistique Canada, voir Bibliographie (9); répartition estimative par utilisation finale, par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

n.m.a. non mentionné ailleurs, c'est-à-dire non compris dans un autre groupe plus spécifique; -: néant.

IMPORTATIONS DE MATÉRIEL DE FORAGE AU CANADA, 1979-1981



1. Pièces de perforatrices de rochers, n.m.a. (52105):
2. Fleurets de perforatrices rotatives (52107)-partie destinée à l'industrie minière seulement:
3. Machinerie de forage de terrain, pièces, n.m.a. (52119):
4. Perforatrices de rochers, n.m.a. (52103):
5. Fleurets de perforatrices, n.m.a. (52112):
6. Sondeuses à carottes, forets et pièces (52101).

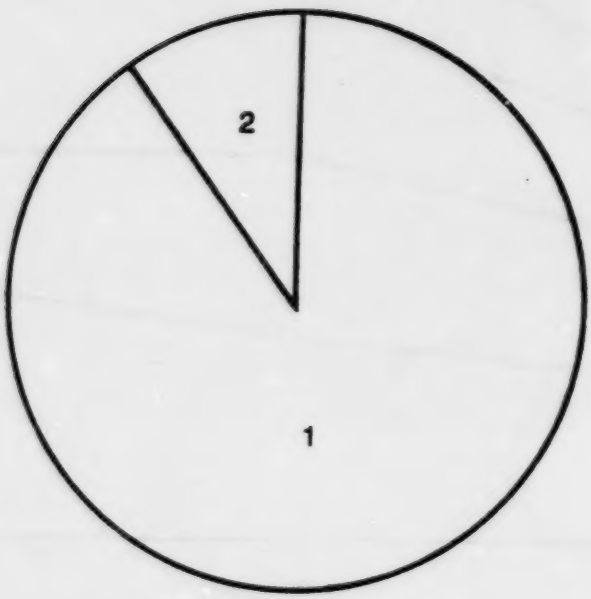
n.m.a.- non mentionné ailleurs

FIGURE 2

MOYENNE DES IMPORTATIONS AU CANADA, ENTRE 1979 ET 1981, DE MACHINES DE FORAGE DE TERRAIN, PIÈCES, n.m.a. (Cat. 52119)

Pays d'origine

1. États-Unis
2. Autres pays



Source des données: Statistque Canada

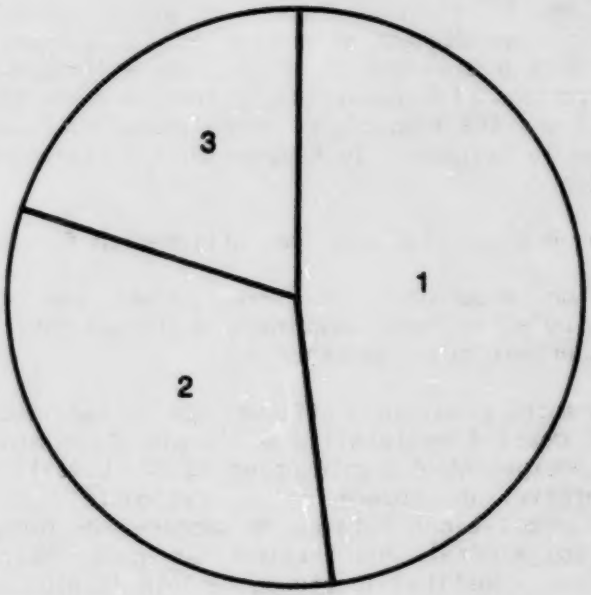
n.m.a.: non mentionné ailleurs

FIGURE 3

MOYENNE DES IMPORTATIONS AU CANADA, ENTRE 1979 ET 1981, DE PIÈCES DE PERFORATRICES DE ROCHERS, n.m.a. (Cat. 52105)

Pays d'origine

1. États-Unis
2. Suède
3. Autres pays



Source des données: Statistique Canada

n.m.a.- non mentionné ailleurs

FIGURE 4

Les perforatrices de rochers, n.m.a. (52103) englobent les appareils de forage rotatif et percutant montés sur transporteurs[1], utilisés à la fois pour des méthodes d'extraction souterraines et à ciel ouvert. Entre 1979 et 1981, plus de la moitié de ces machines a été importée des États-Unis, le quart de la Suède et le reste d'autres pays (figure 5).

Les fleurets de perforatrices rotatives (52107) ont été importés principalement des États-Unis (94 %) et de la Suède (figure 6). Cette catégorie englobe les outils de forage tricônes, dont certains sont utilisés dans les forages d'exploration mais dont la plupart servent au percement des trous de mines dans les exploitations à ciel ouvert[2].

Les fleurets de perforatrices, n.m.a. (52112) sont en fait des outils de forage percutant de petit calibre pour travail en roche dure et englobent les pièces de rechange (dents serties et pastilles en carbure de tungstène) employées sur des appareils de forage percutant, la plupart dans des mines souterraines. La figure 7 indique les pays d'origine de ces outils percutants entre 1979 et 1981: États-Unis (59 %), Irlande (21 %), Suède (11 %), et le reste provient d'autres pays.

Les sondeuses à carottes, forets et pièces (52101) englobent les appareils de carottage au diamant et autres et les pièces correspondantes, ainsi que les couronnes à diamants et en carbure de tungstène employées dans les forages d'exploration. Ces appareils, pièces de rechange et couronnes de carottage (figure 8) ont été importés principalement des États-Unis (68 %) et d'autres pays, comme la Belgique, le Royaume-Uni, l'Allemagne de l'Ouest, la Suède et les Pays-Bas.

C.2 Répartition des importations, par utilisation finale

L'information disponible ne nous permet pas de ventiler les importations selon qu'elles sont destinées à l'exploration minérale, aux mines à ciel ouvert et aux mines souterraines.

Il est néanmoins possible d'affirmer que le matériel de forage de la catégorie 52101 est destiné en totalité à l'exploration minérale, et qu'une petite partie de l'équipement des catégories 52107 et 52119 sert également à cette fin. Le matériel de forage de la catégorie 52101 ne représente qu'environ 2 % des importations totales de machines de forage. En tout, le matériel d'exploration minérale n'intervient que pour environ 4 % dans les importations totales et constitue le groupe de loin le plus petit.

En 1981, le matériel destiné aux mines à ciel ouvert représentait environ 40 % des importations totales de machines de forage. De toutes les catégories représentées dans ce groupe (52105, 52107, 52119, 52103 et 52112), la plus importante est de loin celle des fleurets de perforatrices rotatives et de ses pièces (52107), qui forme à elle seule environ 35 % des importations totales de matériel d'exploitation à ciel ouvert.

---

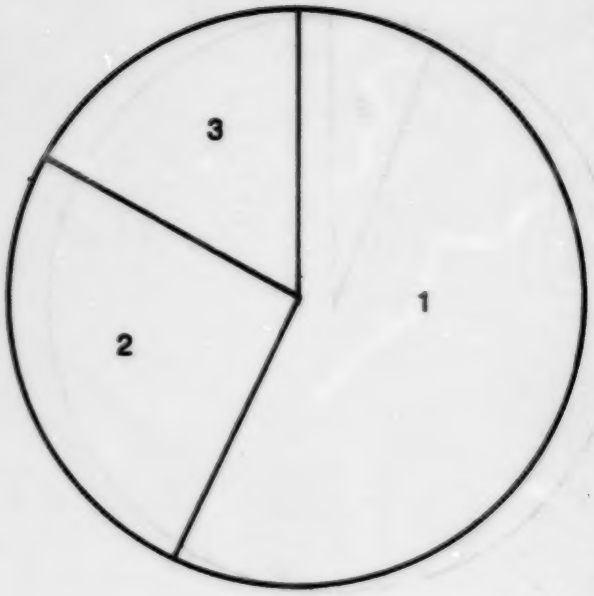
[1] Dans l'industrie, et dans le présent rapport, l'expression "perforatrices de rochers" désigne uniquement les marteaux plongeurs.

[2] On estime que, sur les 59,2 M$ de matériel de la catégorie 52107 importée en 1981, seulement 25,2 M$ étaient destinés à l'industrie minière.

MOYENNE DES IMPORTATIONS AU CANADA, ENTRE 1979 ET 1981, DE PERFORATRICES DE ROCHERS, n.m.a. (Cat. 52103)

Pays d'origine

1. États-Unis
2. Suède
3. Autres pays



Source des données: Statistique Canada

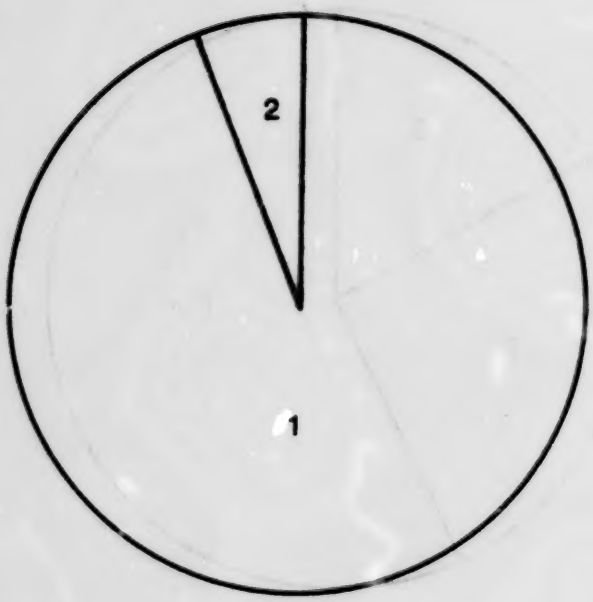
n.m.a.-non mentionné ailleurs

FIGURE 5

MOYENNE DES IMPORTATIONS AU CANADA, ENTRE 1979 ET 1981, DE FLEURETS DE PERFORATRICES ROTATIVES, (Cat. 52107)

Pays d'origine

1. États-Unis
2. Suède

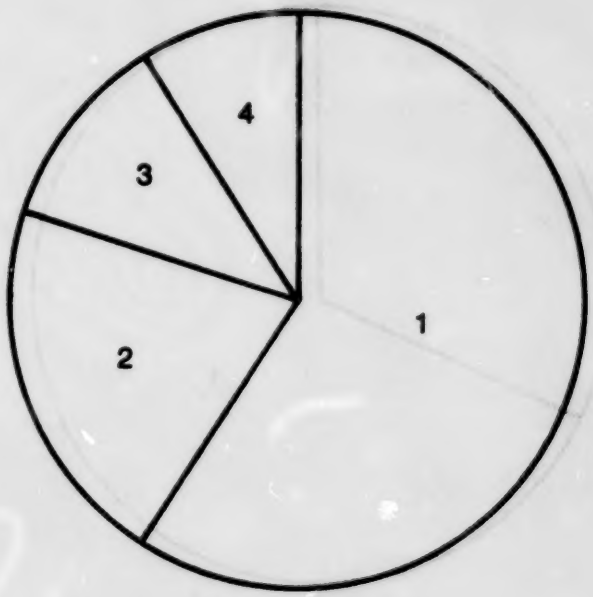


Source des données: Statistique Canada

FIGURE 6

MOYENNE DES IMPORTATIONS AU CANADA, ENTRE 1979 ET 1981, DE FLEURETS DE PERFORATRICES, n.m.a. (Cat. 52112)

Pays d'origine
1. États-Unis
2. Irlande
3. Suède
4. Autres pays



Source des données: Statistique Canada
n.m.a. : non mentionné ailleurs

FIGURE 7

MOYENNE DES IMPORTATIONS AU CANADA, ENTRE 1979 ET 1981, DE SONDEUSES À CAROTTES, FORETS ET PIÈCES (Cat. 52101)

Pays d'origine

1. États-Unis
2. Autres pays

Source des données: Statistique Canada

FIGURE 8

Les machines destinées aux mines souterraines ont représenté plus de la moitié des importations totales. Ces machines englobent du matériel compris dans les catégories 52103, 52105, 52112 et 52119, des marteaux hydrauliques et pneumatiques, des foreuses souterraines sur jumbo, ainsi que des appareils de forage percutant et leurs pièces.

C.3 Mouvement des importations

C.3.1 Dans l'ensemble

Le tableau 8 et la figure 2 donnent de l'information de base qui nous permet d'évaluer les tendances récentes observées dans les importations de machines de forage au Canada.

Dans l'ensemble, les importations estimatives de matériel de forage destiné à l'industrie minière ont augmenté de 103,8 M$ en 1979 à 172 M$ en 1981 ou, en dollars constants de 1981, de 127 M$ à 172 M$, soit une croissance annuelle moyenne de 16 %.

Seules la catégorie 52107 (fleurets de perforatrices rotatives) et 52101 (sondeuses à carottes, forets et pièces) ont accusé un recul. Ces baisses sont attribuables à un ralentissement des travaux d'exploration dans les industries du minerai de fer et de l'amiante, où des coupures de production sont survenues plus tôt que dans le reste de l'industrie minière.

De 1979 à 1981, la plus forte croissance annuelle moyenne des importations (53 % en valeur réelle) a été observée dans la catégorie 52119 (machines de forage de terrain). Cette catégorie englobe une grande variété de matériel, comme les appareils de forage rotatif utilisés dans les mines de charbon à ciel ouvert, les tarières à plusieurs usages, ainsi que les appareils de forage mécanisés à tête motrice de mât et fond-de-trou employés dans les mines souterraines comme à ciel ouvert.

Entre 1979 et 1981, on observe une tendance à la diversification des sources d'importation. Ainsi, en plus des fabricants américains, des sociétés de la Belgique, de la Finlande, de la Suède, du Royaume-Uni, de l'Allemagne de l'Ouest et d'autres pays vendent maintenant des machines de forage et des pièces sur le marché canadien.

C.3.2 Pour l'exploration minérale

Une croissance des importations s'observe sur toute la gamme des machines de forage destinées à l'exploration minérale, secteur d'activité dans lequel le Canada était un producteur et un exportateur mondial de premier plan il n'y a pas très longtemps. Au début des années 1970, le Canada n'importait que des produits à diamants et certaines pièces d'appareils au diamant de grande taille, essentiellement de l'Afrique du Sud et des États-Unis. Cependant, à la fin de cette décennie, il a commencé à importer du matériel de forage au diamant également de la Belgique, du Royaume-Uni et de la Suède.

C.3.3 Pour les mines à ciel ouvert

Tous les appareils de forage rotatif utilisés dans des mines à ciel ouvert sont importés et l'ont toujours été.

De 1979 à 1981, les statistiques sur l'importation des machines de forage utilisées dans les mines à ciel ouvert ont montré un accroissement comme l'indique le tableau ci-dessous:

	1979	1981
	(millions de $)	
Machine de forage rotatif et pièces	28	35
Machine de forage à percussion et pièces	13	23
Que l'on ne peut classer comme rotatif ou à percussion	6	9
Total	47	67

Ces statistiques suggèrent une plus forte augmentation des machines de forage à percussion et de leurs pièces par rapport aux machines de type rotatif durant cette période.

C.3.4 Pour les mines souterraines

Entre 1979 et 1981, les importations de machines de forage destinées aux mines souterraines ont augmenté de 52,7 M$ à 98,4 M$.

Au Canada, la production de machines de forage destinées au développement et à la production de mines souterraines se limite à des tiges de forage, des outils de forage, certains marteaux perforateurs pneumatiques légers et des transporteurs pour certains appareils de forage mécanisés. Tous les autres appareils de forage d'exploitation souterraine sont importés, et l'ont toujours été.

Comme nous l'avons déjà mentionné, c'est dans la catégorie 52119 que l'augmentation de la valeur des importations de machines de forage a été le plus marquée. Cette catégorie englobe diverses machines qu'il n'est pas facile de répartir entre les mines souterraines et les exploitations à ciel ouvert.

D. Exportations

D.1 Statistiques

Les exportations de matériel de forage fabriqué au Canada (tableau 9 et figure 9) se limitent à une gamme de produits très étroite: sondeuses à carottes, forets et pièces (catégorie 52101); perforatrices de rochers (marteaux) et pièces (catégorie 52104); fleurets de perforatrices (catégorie 52112); machines de forage de terrain (catégorie 52119).

Les appareils de forage au diamant (52101) sont les seules machines complètement assemblées offertes par des fabricants canadiens. Les exportations de marteaux pneumatiques légers capables de forer des trous allant jusqu'à 6 m de longueur et 45 mm de diamètre et destinés principalement à des mines souterraines se situent dans la catégorie 52104, mais celle-ci est presque entièrement constituée de tiges de forage.

La catégorie 52112 englobe des outils de forage percutant à dents serties et pastilles en carbure de tungstène pour marteaux perforateurs, ainsi que des outils de forage percutant pour marteaux plongeurs (qui ne sont pas offerts par des fabricants canadiens).

TABLEAU 9

Exportations canadiennes de machines de forage, 1979 à 1981, et répartition estimative par utilisation finale

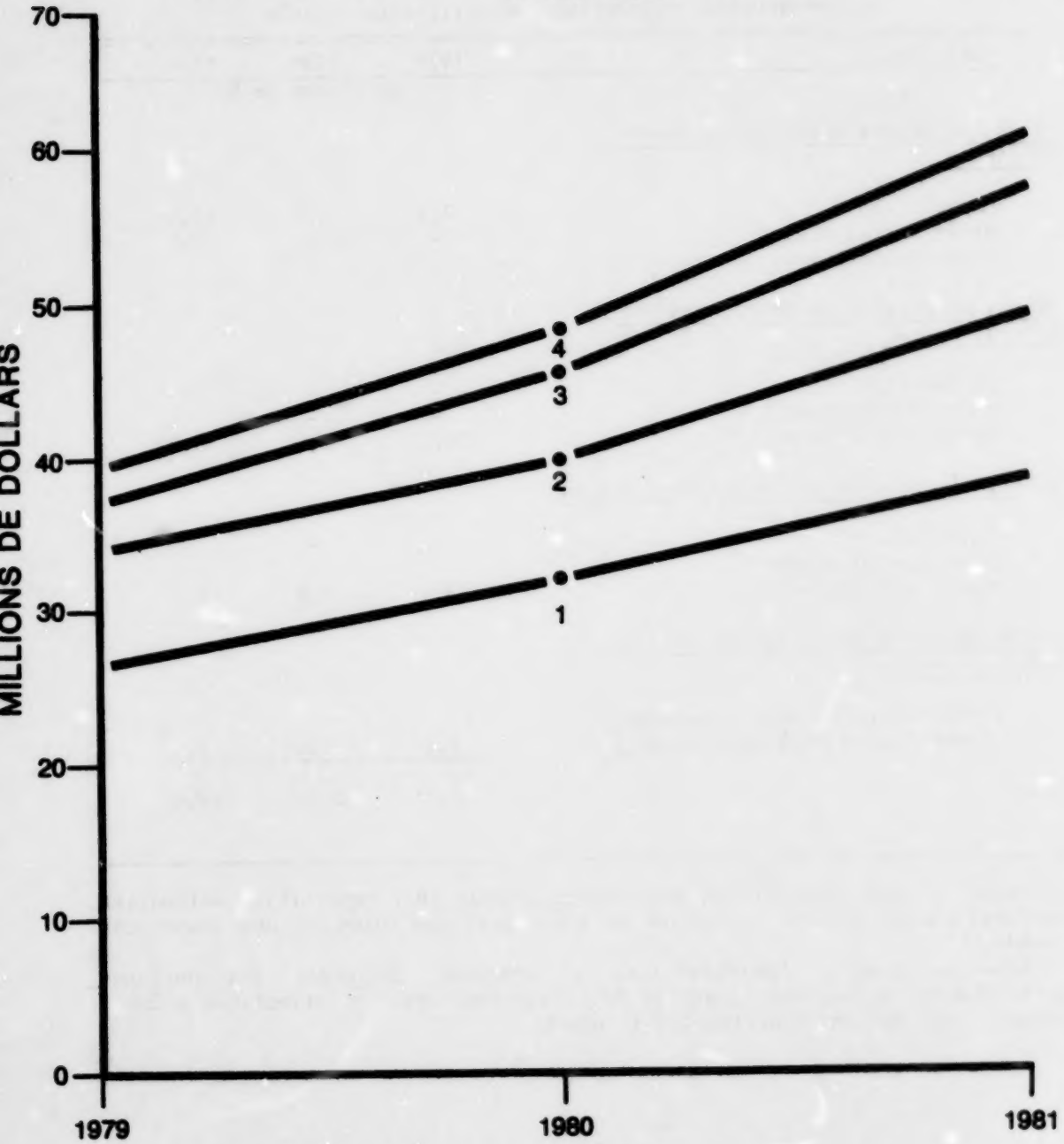
Catégorie	1979	1980	1981
	(millions de $)		
52101, sondeuses à carottes, forets et pièces			
Exploration	7,5	7,7	11,0
Mines à ciel ouvert	-	-	-
Mines souterraines	-	-	-
52104, perforatrices de rochers[1] et pièces, n.m.a.			
Exploration	-	-	-
Mines à ciel ouvert	-	-	-
Mines souterraines	26,5	32,0	38,2
52112, fleurets de perforatrices, n.m.a.			
Exploration	-	-	-
Mines à ciel ouvert	-	-	-
Mines souterraines	3,4	5,8	8,1
52119, machines de forage de terrain, pièces, n.m.a.			
Exploitation minière seulement (souterraine et à ciel ouvert)	2,2[2]	2,6[2]	3,4[2]
Total	39,5[2]	48,1[2]	60,4[2]

Sources: Statistique Canada, voir Bibliographie (8); répartition estimative par utilisation finale, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources Canada.

[1] Dans ce cas-ci, "perforatrices de rochers" désignent les marteaux perforateurs, et non des appareils de forage complets. [2] Estimations d'ÉMR.

n.m.a.: non mentionné ailleurs; -: néant.

EXPORTATIONS CANADIENNES DE MATÉRIEL DE FORAGE, 1979-1981



1 - Perforatrices de rochers et pièces (52104);
2 - Sondeuses à carottes, forets et pièces (52101);
3 - Fleurets de perforatrices (52112);
4 - Machines de forage de terrain, pièces, n.m.a. (52119);
– partie destinée à l'industrie minière seulement.

n.m.a. : non mentionné ailleurs

FIGURE 9

La catégorie 52119 englobe les pièces de rechange d'appareils de forage utilisés principalement par l'industrie pétrolière et, à un faible degré, par l'industrie minière. Leur destination n'est pas facile à déterminer.

D.2 Répartition des exportations, par utilisation finale

D.2.1 Pour l'exploration minérale

Par le passé, le Canada était un exportateur mondial important de matériel de forage au diamant. Malgré une récente baisse de la production, il occupe encore une bonne position dans ce secteur.

La valeur des exportations canadiennes d'appareils de forage au diamant, de pièces et d'outils à diamants est passée de 7,5 M$ en 1979 à 10,8 M$ en 1981, soit une augmentation annuelle moyenne de 5 % en dollars constants.

Les exportations sont destinées à beaucoup de pays, sur tous les continents (figure 10).

D.2.2 Pour les mines à ciel ouvert

Le Canada ne produit pas d'appareils de forage complets destinés aux mines à ciel ouvert. L'information disponible ne nous permet pas de savoir lesquelles des pièces exportées sont destinées à ce type d'exploitation.

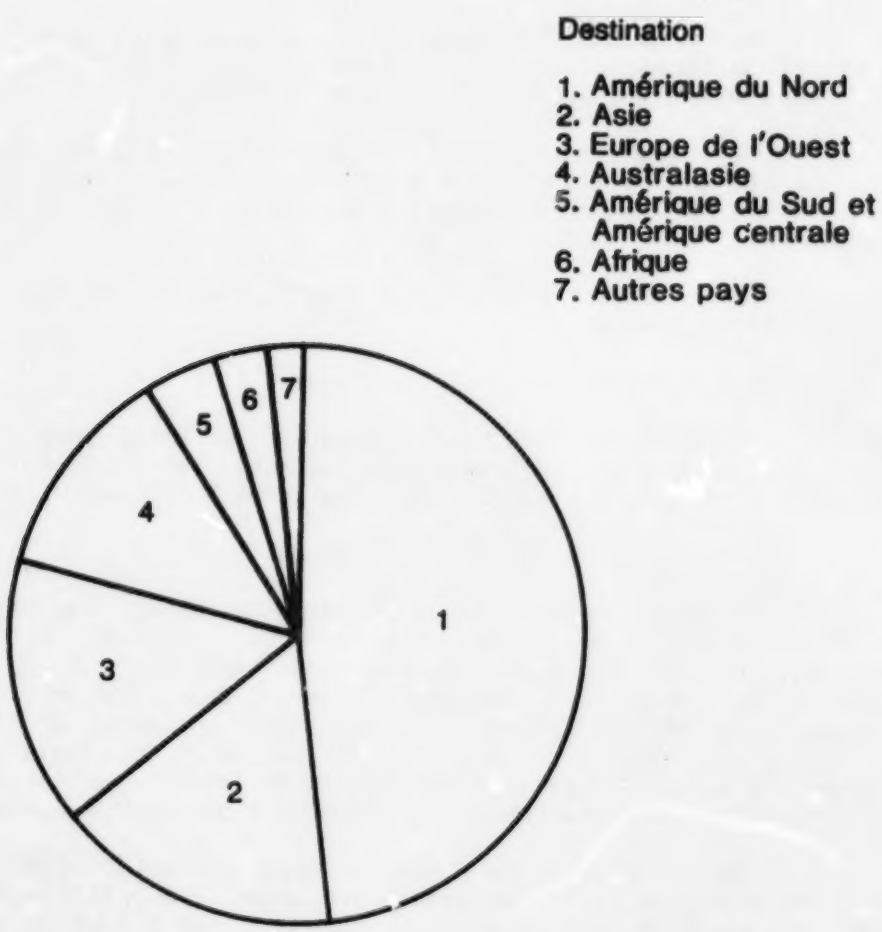
D.2.3 Pour les mines souterraines

Le Canada produit peu de machines de forage destinées à des mines souterraines. Parmi les diverses machines de forage utilisées dans les exploitations de ce type, aucune n'est fabriquée au complet par des producteurs canadiens. Le Canada produit des transporteurs pour jumbos hydrauliques et électriques, des marteaux pneumatiques légers pour le percement de trous peu profonds et de petit diamètre, des béquilles pneumatiques, des fleurets et des outils de forage pour ces marteaux, ainsi que des outils de forage percutants adaptés à des marteaux plongeurs.

Les marteaux perforateurs et leurs pièces (catégorie 52104) ainsi que les appareils de forage percutants (catégorie 52112) sont les produits que le Canada réussit le mieux à exporter, mis à part le matériel de la catégorie 52119 (machines de forage de terrain et pièces), qu'il n'est pas facile d'évaluer.

Les exportations de marteaux perforateurs et de leurs outils (figures 11 et 12), qu'il faudrait considérer comme une seule et même ligne de produits, ont augmenté de 29,8 M$ en 1979 à 46,2 M$ en 1981, soit une hausse annuelle moyenne de 13 % en dollars constants. Entre 1979 et 1981, le plus gros importateur de nos produits a été les États-Unis, suivis du Mexique et de l'Australie. Le Pérou, l'Afrique du Sud et l'Allemagne de l'Ouest ont également acheté beaucoup de marteaux perforateurs et d'outils percutants fabriqués au Canada.

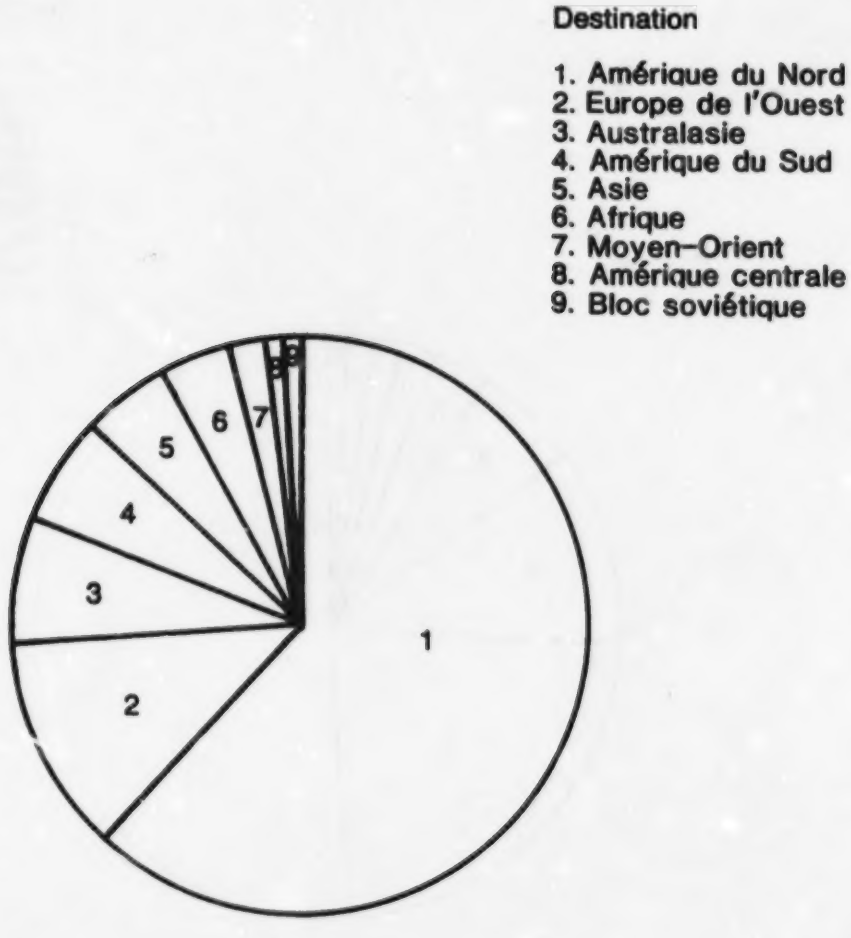
MOYENNE DES EXPORTATIONS CANADIENNES, ENTRE 1979 ET 1981, DE SONDEUSES À CAROTTES, FORETS ET PIÈCES (Cat. 52101)



Source des données: Statistique Canada

FIGURE 10

MOYENNE DES EXPORTATIONS CANADIENNES, ENTRE 1979 ET 1981, DE PERFORATRICES DE ROCHERS (MARTEAUX) ET PIÈCES (Cat. 52104)



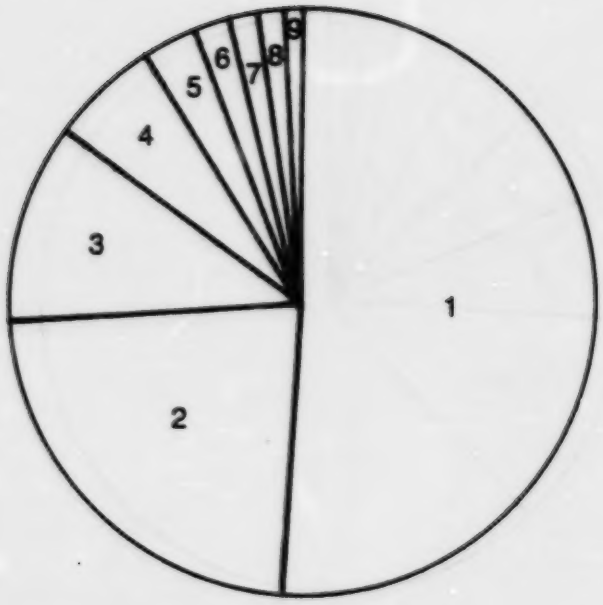
Source des données: Statistique Canada

FIGURE 11

MOYENNE DES EXPORTATIONS CANADIENNES, ENTRE 1979 ET 1981, DE FLEURETS DE PERFORATRICES (Cat. 52112)

Destination

1. Amérique du Nord
2. Australasie
3. Europe de l'Ouest
4. Asie
5. Afrique
6. Amérique du Sud
7. Moyen-Orient
8. Bloc soviétipue
9. Amérique centrale



Source des données: Statistique Canada

FIGURE 12

PARTIE 2.
LES PERSPECTIVES D'AVENIR

CHAPITRE II. ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE DU FORAGE

A. Forage d'exploration

L'exploration minérale a pour objectif de recueillir des données sur les gisements minéraux. La méthode de forage utilisée dépend des conditions géologiques rencontrées, de l'exactitude et de la fiabilité de l'information géologique à obtenir et du coût du forage.

Jusqu'au début des années 70, le forage au diamant était la seule technique pouvant convenir aux travaux d'exploration en roche dure, en Amérique du Nord. Depuis, d'autres techniques ont été mises en oeuvre.

A.1 Forage au diamant

Les foreuses au diamant extraient un échantillon de roche cylindrique appelé carotte, qui renseigne sur la nature du terrain traversé par le trépan. Les trous peuvent être forés sous n'importe quel angle.

La foreuse au diamant a essentiellement pour fonction de faire tourner un train de tiges dans le trou et de le remonter. Il fait partie d'un appareil qui comprend, outre la foreuse, une pompe à fluide de forage, des tiges de forage, des tubes carottiers, des outils (trépans) de forage à diamants, ainsi que des accessoires tels que des têtes d'injection, des treuils à câble (nécessaires dans la technique du carottage par les tiges, introduite à la fin des années 50), des colliers, des clés et des dispositifs automatiques. La foreuse au diamant des années 80 est une machine sophistiquée pouvant travailler dans n'importe quel environnement.

Des améliorations technologiques ont été apportées à tous les éléments constituant la foreuse au diamant. Le progrès le plus notable a été l'introduction (à la fin des années 70) d'une foreuse au diamant entièrement hydraulique-hydrostatique, dans laquelle la transmission mécanique à engrenages est remplacée par un entraînement hydrostatique. Dans cette machine, une pompe hydraulique mue par un moteur diesel ou électrique est couplée à un moteur hydraulique qui transmet la puissance au train de tiges.

Ses principaux avantages sont les suivants:

i) possibilité de faire varier avec continuité la vitesse et le couple de rotation;

ii) possibilité de monter le moteur n'importe où sans avoir à utiliser une disposition compliquée des essieux moteurs et des arbres de transmission;

iii) diminution du poids et de la taille de la transmission hydrostatique par rapport à la puissance transmise; et

iv) instrumentation meilleure et plus chargée d'information.

Parmi les autres améliorations apportées récemment, mentionnons l'utilisation de mâts en acier au lieu de trépieds, la substitution de mandrins hydrauliques aux mandrins manuels et l'emploi d'appareils hydrauliques pour le maniement des tiges de forage. Ont récemment été mises au point de nouvelles tiges de forage à câble de haute qualité et plus légères, capables d'atteindre des profondeurs de l'ordre de 3 000 m et des tubes carottiers de plus grandes dimensions.

Une autre amélioration digne de mention est l'introduction de nouveaux outils à diamants sertis et rapportés, sur lesquels les diamants naturels sont remplacés par des matériaux synthétiques polycristallins (5). Ces diamants ont une meilleure stabilité thermique et une durabilité accrue, et sont fixés à des outils capables d'avancer beaucoup plus rapidement.

La mise au point d'une technique de forage à injection d'air a facilité le forage des trous de sonde et l'extraction des carottes en milieu dépourvu d'eau. Il est plus facile de faire remonter de l'air comprimé que de l'eau. La technique de l'injection d'air peut maintenant servir à forer des trous de 250 m de profondeur et à extraire des carottes d'environ 75 mm de diamètre. Elle s'avère également très utile dans les milieux très humides, mais pas dans les zones mouillées car les déblais ont alors tendance à s'agglutiner et ne peuvent être remontés par injection d'air.

Il est maintenant possible d'utiliser des fluides de forage dans des terrains instables ou extrêmement friables. On a mis au point un tube carottier dont les conduits internes, plus larges, permettent à la boue de circuler.

A.2 Autres techniques

Au cours des années 70, plusieurs autres méthodes de forage ont été utilisées avec succès dans l'exploration minérale en roche dure. Elles produisent non pas des échantillons consolidés, mais plutôt des débris de forage.

Actuellement, ces méthodes sont surtout utilisées lorsque des débris de forage peuvent fournir des données géologiques satisfaisantes et que le degré de contamination des échantillons est tolérable. Elles servent également à exécuter des travaux de forage dans des conditions géologiques extrêmement difficiles, comme sur les sols couverts de morts-terrains épais ou instables, et dans les formations constituées, par exemple, de mélanges de sable, de gravier et d'argile.

On peut diviser ces méthodes en deux groupes:

i) Forage rotatif - plusieurs modifications ont été apportées au matériel de forage fond-de-trou muni de tiges à parois simples ou doubles, pour que puissent être obtenus des déblais de forage. Cette méthode exige toutefois que l'on utilise un matériel encombrant pour se rendre jusqu'au site de forage.

ii) Forage percutant - deux machines à percussion, à savoir l'appareil à marteau de mât (drifter) et l'appareil à marteau plongeur, toutes deux conçues à l'origine pour le percement de trous de mine, sont de plus en plus employées en exploration. Les deux produisent des déblais de forage, mais des tentatives ont été faites pour mettre au point des appareils de forage fond-de-trou capables d'extraire une carotte.

Les appareils à marteau de mât ont réussi à forer des trous de 120 m de profondeur. Les foreuses à marteau plongeur pénètrent beaucoup plus profondément, travaillent plus rapidement et font des trous plus droits qu'avec toute autre méthode.

Depuis peu, on utilise des marteaux plongeurs à haute pression d'air, qui avancent beaucoup plus rapidement que les marteaux à basse pression. Le coût par mètre foré peut être très faible si l'on utilise le matériel de forage fond-de-trou approprié.

Un trou de sonde a tendance à dévier de la trajectoire qui avait été prévue au départ. Or, grâce à diverses méthodes faisant appel à des cales permanentes et récupérables, on réussit à mieux diriger le forage.

L'innovation la plus prometteuse au chapitre du forage directionnel est l'emploi d'une turbine fond-de-trou actionnée par de l'eau ou par de la boue, pouvant être adaptée à la pompe standard utilisée par l'industrie des forages d'exploration. Cette turbine régularise les changements de direction d'un trou.

A.3 Applications aux techniques géophysiques

Les méthodes géophysiques jouent depuis longtemps un rôle de premier plan dans l'exploration minérale. La miniaturisation des circuits électroniques nous permet de faire l'étude géophysique des gîtes minéraux au fond du trou. Auparavant, certaines méthodes ne pouvaient être mises en oeuvre que depuis la surface de la mine; aujourd'hui, les mesures peuvent être prises directement sous terre, dans les gisements ou autour.

Dans les mines de métaux communs, des méthodes fond-de-trou électriques et électromagnétiques ont été mises en oeuvre avec succès; déjà, des techniques de sondage nucléaire sont largement utilisées au Canada (15).

L'information obtenue grâce à ces techniques de sondage géophysique relativement nouvelles peuvent, dans certains cas, remplacer les données que l'on déduisait auparavant des échantillons prélevés par carottage.

Les travaux de recherche et de développement qu'effectue actuellement la Commission géologique du Canada visent à améliorer le matériel et les méthodes en usage et, plus particulièrement, à mettre au point des applications et des techniques d'interprétation pour le secteur de l'exploration minérale (10, 15).

A.4 Perspectives d'avenir

En ce qui concerne le forage au diamant, la tendance sera à la mise au point de carottiers légers et entièrement hydrauliques, que l'on puisse démonter, transporter par hélicoptère (en même temps que les équipes et le matériel), remonter et remettre en service avec rapidité.

Les turbines fond-de-trou trouveront vraisemblablement de plus en plus d'applications, par exemple dans la technique du forage directionnel multiple qui a pour but de découvrir des gisements profonds, petits et riches.

La foreuse au diamant restera, pendant un certain temps, l'instrument de prédilection de l'exploration minérale. Toutefois, l'augmentation des coûts du forage au diamant pourrait accélérer l'introduction de techniques géophysiques modernes, qui, conjuguées à des méthodes de forage moins coûteuses (autres que les carottages), pourraient diminuer de façon sifnificative le coût global de l'exploration minérale.

De l'avis de l'auteur, la raison d'être des trous de forage d'exploration passera progressivement de la nécessité actuelle d'obtenir des échantillons de roche à la nécessité de future, dans plusieurs cas, de frayer, à la place, un passage pour des instruments géophysiques.

L'ampleur de cette évolution et le moment où elle se produira déprendront du volume, de la qualité et du coût de l'information géologique obtenue au moyen des techniques géophysiques fond-de-trou.

Dans un certain pourcentage des trous forés, le prélèvement de carottes par forage au diamant demeurera une nécessité, car les travaux géophysiques, les études géotechniques et les analyses métallurgiques et géologiques continueront de reposer sur les données qui en sont issues.

B. Forage dans les mines à ciel ouvert

B.1 Généralités

Dans les mines à ciel ouvert, on utilise surtout des foreuses rotatives pour percer les trous de mine. Depuis une dizaine d'années, on avait tendance à construire des appareils rotatifs plus encombrants, plus lourds, plus puissants et plus coûteux, capables de forer des trous de plus fort diamètre en un seul passage. Pour justifier l'achat de machines aussi grosses et aussi complexes, il faut s'en servir continuellement. Or, dans bon nombre de leurs applications spécialisées, elles s'avèrent peu commodes et inutilement encombrantes. La tendance à l'augmentation du diamètre des trous de mine a donc disparu; la plupart des trous forés actuellement ont entre 251 et 311 mm de diamètre.

L'évolution récente des mines européennes à ciel ouvert (qui sont à un échelle beaucoup plus petite que celles du Canada) a permis un usage plus grand des bancs (entre 80 et 100 pieds), avec une pente modifiée pour plus de sûreté, un système qui permet une plus grande efficacité dans le concassage de la roche et le herschage, et a permis de baisser les coûts globaux. Ce nouveau système demande des trous de mine plus longs et d'un plus petit diamètre que ceux utilisés habituellement au Canada pour les bancs de 40

pieds; de longs trous de mines requièrent un contrôle directionnel très stricte.

Le forage fond-de-trou s'est avéré la méthode de forage la plus efficace du nouveau système européen. Quelques fabricants européens fournissent maintenant de plus petits appareils de forage qui sont plus simples à faire fonctionner et à entretenir. Ils ont créé des appareils de forage fond-de-trou de poids léger, sur chenilles, équipés de marteaux plongeurs à haute pression d'air. La foreuse à marteau plongeur n'a pas besoin de la poussée considérable que nécessitent les appareils de forage rotatif, et c'est pourquoi il est possible d'utiliser des véhicules légers, moins coûteux et très mobiles. Ce système a également une vitesse d'avancement plus élevée, en particulier dans la roche dure, un coût moindre par mètre foré et l'avantage supplémentaire de forer des trous obliques.

La plus récente innovation dans le domaine du forage à percussion des trous de mine est la mise au point d'appareils de forage à marteau de mât, à commande hydraulique, capables de forer des trous aussi bien inclinés que verticaux de 177 mm à 228 mm de diamètre (17). Les nouveaux modèles peuvent travailler à des vitesses impressionnantes, même avec des tiges jointées, ce qui en fait des concurrents potentiels sérieux des machines à marteaux plongeurs. Pour l'instant, toutefois, la méthode de forage par marteau plongeur est encore préférable, car il a un coût d'investissement et d'exploitation moins élevé, exige moins d'entretien et peut forer des trous plus longs, plus droits et encore plus larges.

B.2 Perspectives d'avenir

La méthode du forage-sautage demeurera la meilleure façon de désagréger la roche dans les mines à ciel ouvert, dans un avenir prévisible.

La question ouverte que l'on doit se poser est de savoir si la plus recente méthode d'exploitation des mines de roches dures à ciel ouvert trouve sa raison d'être au Canada dans un avenir rapproché, étant donné les différences significatives des échelles et les barrières institutionnelles. S'il en est ainsi, cela signifierait un changement majeur du forage rotatif au forage à percussion des trous de mines à marteau plongeur dans l'exploitation canadienne des mines de roches dures à ciel ouvert.

C. Forage dans les mines souterraines

C.1 Généralités

Le forage percutant est la principale technique utilisée dans le développement et la production des mines souterraines. On emploie des marteaux pneumatiques ou, depuis peu, des marteaux hydrauliques, pouvant forer des trous de 102 mm de diamètre. On peut les diviser en deux classes principales:

i) marteaux légers à main; et
ii) marteaux lourds à monter sur des appareils de forage.

Les marteaux perforateurs pneumatiques à main sont employés dans des exploitations minières de grande ou de petite taille. Ils peuvent servir à de multiples usages, peuvent travailler dans n'importe quelle mine souterraine et sont portatifs (18).

Toutefois, on observe depuis quelques années, dans les mines souterraines du Canada, une tendance à abandonner les foreuses à main au profit d'appareils de forage mécanisés. Ces machines se présentent sous plusieurs formes: jumbos (chariots de perforation) à un ou plusieurs marteaux perforateurs, chacun fixé à un bras distinct, appareils de forage en éventail, appareils de forage circulaire et appareils à marteau plongeur utilisés dans diverses exploitations minières qui utilisent la technique de forage de longs trous.

L'avènement de la méthode de forage par marteau plongeur, qui est connue et utilisée par les entreprises minières canadiennes depuis de nombreuses années, a marqué un progrès important dans le forage souterrain. Cette technique permet de forer des trous plus larges et plus longs que ceux que produisent des marteaux pneumatiques ou hydrauliques fixés au mât de forage. C'est la méthode qui convient le mieux au forage des trous larges (102 à 165 mm) et droits, notamment pour le tir. En outre, elle est à l'origine d'une nouvelle technique d'exploitation minière décrite par Atlas Copco (2), qui porte le nom de Vertical Crater Retreat ou VCR.

Il y a plus de dix ans, la société française Montabert a commencé à fabriquer des marteaux perforateurs hydrauliques. Dans ces machines, l'énergie est transmise aux pistons par un fluide plutôt que par de l'air comprimé (3, 4). Le forage hydraulique est la façon la plus rapide de percer des trous relativement courts, jusqu'à environ 100 mm de diamètre dans des formations de roche dure, et représente le progrès le plus important accompli récemment dans le domaine du forage (21).

Un autre fait à souligner est la mise au point de la technique de percement de montages (raise boring) qui consiste à creuser un trou de petit diamètre, pour ensuite l'élargir à la taille désirée (jusqu'à un maximum de 6,4 m). Cette technique a fait progresser sensiblement le percement des montages et des puits d'aérage et trouve maintenant des applications dans le fonçage des puits (16).

C.2 Perspectives d'avenir

La technique du forage-sautage demeurera la meilleure façon de désagréger la roche dans les mines souterraines.

Pendant toutes les années 80, les travaux de forage exécutés dans les mines souterraines au Canada se caractériseront principalement par une tendance soutenue à la mécanisation des opérations.

Au cours de cette décennie, l'industrie fera un usage croissant de marteaux hydrauliques de dimensions encore plus variées, montés sur des appareils de forage complets, adaptés à une variété de méthodes minières et actionnés par des moteurs électriques.

L'auteur est d'avis qu'au cours des années 80, les marteaux pneumatiques à main seront largement remplacés par des appareils de forage à commande hydraulique, au Canada.

Le forage par marteau plongeur est de plus en plus employé dans les mines souterraines, où il sert particulièrement au percement des trous de production dans la méthode du Vertical Crater Retreat et dans d'autres systèmes de forage de longs trous (19).

CHAPITRE III. MARCHÉS POSSIBLES[1]

A. Généralités

On estime que le matériel de forage destiné aux industries du charbon, de l'uranium, des métaux et des minéraux non métalliques représente, pour le Canada, un marché d'environ 259 M$ de dollars par année, dont 172 M$ (environ les deux tiers) correspondent à des importations (chiffres de 1981).

Le Canada exporte des tiges de forage, des foreuses au diamant et les pièces correspondantes, des outils percutants, de petits marteaux perforateurs pneumatiques et des pièces diverses. En 1981, ces exportations étaient évaluées à environ 60 M$.

Sur les 172 M$ de matériel importé en 1981, 56 % étaient destinés à des mines souterraines, 40% à des mines à ciel ouvert et 4% seulement à l'exploration minérale.

B. Marchés possibles dans les mines canadiennes actuelles

B.1 Matériel pour exploration minérale

En 1981, le marché des foreuses et du matériel de forage au diamant pour l'exploration minérale s'établissait à 28 M$. L'industrie de l'exploration possède maintenant plus de 800 foreuses au diamant, dont une majorité de type classique. En période de récession, le forage d'exploration est la première activité arrêtée et la dernière reprise.

On ne s'attend pas à ce qu'il y ait une demande importante de nouvelles foreuses au diamant d'ici à 1985. On prévoit qu'à la fin de la présente décennie, la valeur du marché de ce type de matériel sera de l'ordre de 35 M$ par année (en dollars de 1981).

B.2 Matériel pour mines à ciel ouvert

Depuis deux ans (1982-1983), nous sommes témoins de la fermeture de plusieurs mines d'amiante et de minerai de fer à ciel ouvert. Il reste dans les mines à ciel ouvert récemment fermées un nombre considérable de foreuses rotatives de trous de mine usagées. Ce matériel pourrait bien satisfaire les besoins pour plusieurs années.

---

[1] Dans le présent chapitre, tous les montants d'argent sont exprimés en dollars de 1981.

Le principal marché des machines de forage de trous de mine à ciel ouvert se situera probablement dans les nouvelles mines de charbon à ciel ouvert qui doivent entrer en production d'ici la fin de cette décennie.

On s'attend que la valeur annuelle totale du marché canadien de matériel de forage pour mines à ciel ouvert passera de 70 M$ en 1981 à un peu plus de 100 M$ en 1989 et 1990.

B.3 Matériel pour mines souterraines

En 1981, le marché des machines de forage et des pièces de rechange destinées au développement et à la production des mines souterraines valait, estime-t-on, 161 M$.

Actuellement, l'industrie minière possède environ 10 000 petits marteaux perforateurs pneumatiques. En supposant qu'une machine viendra remplacer quatre marteaux pneumatiques traditionnels, on peut prévoir que la mécanisation des chantiers exigera 2 000 machines de forage de divers types. Étant donné l'ampleur de l'investissement que cela implique, la mécanisation des mines ne se terminera vraisemblablement pas avant le début des années 90.

Comme il est impérieux de maintenir les coûts de production par tonne de produits à un bas niveau, on prévoit que la taille des exploitations augmentera et que l'on utilisera pour l'exploitation souterraine des méthodes de production généralement utilisées en surface. Les nouvelles méthodes minières actuellement à l'étude exigeront, dans la plupart des cas, des trous de mines plus longs et plus larges.

Dans l'ensemble, on prévoit que le valeur des machines de forage souterrain utilisées dans les mines actuelles augmentera à 250 M$ par année d'ici la fin de la décennie.

C. Exportations possibles

En 1981, la valeur des exportations canadiennes de matériel de forage destiné à l'exploration et à l'exploitation minière se chiffrait à près de 60 M$.

C.1 Matériel pour exploration minérale

Il n'y a pas si longtemps, le Canada comptait au nombre des principaux exportateurs de machines et de matériel de forage au diamant. Depuis dix ans, toutefois, d'autres producteurs sont entrés en scène, de sorte qu'en 1981, les exportations canadiennes ne représentaient que 11 M$ sur des marchés étrangers évalués, au total, à 100 M$.

A moins que l'industrie canadienne ne se mette à fabriquer de nouveaux types d'équipement, les futures exportations seront destinées exclusivement à des pays en développement intéressés par du matériel de forage au diamant de type traditionnel et n'atteindront guère plus que 16 M$ d'ici à 1990.

C.2 Matériel pour mines à ciel ouvert

Comme le Canada ne fabrique pas de matériel de forage de trous de mine destiné à des exploitations à ciel ouvert, l'apport du Canada sur les marchés d'exportation de matériel pour mines à ciel ouvert continuera vraisemblablement de se limiter à la fourniture d'outils tricônes rotatifs de petit calibre, de tiges de forage et de marteaux perforateurs utilisés, dans une faible mesure, dans le sautage secondaire.

C.3 Matériel pour mines souterraines

Les exportations canadiennes de matériel de forage destiné à des exploitations souterraines se limitent à des marteaux perforateurs pneumatiques, à des tiges de forage ainsi qu'à des outils percutants à dents serties et à pastilles en carbure de tungstène.

Actuellement, le Canada livre une bonne concurrence sur les marchés internationaux. Entre 1979 et 1981, les exportations de ce type de matériel se sont accrues de 12 %. Cependant, cette situation pourrait bien changer au cours des années 80, car on s'attend à ce que les marteaux perforateurs pneumatiques de poids léger qui sont fabriqués au Canada et exportés soient en majeure partie remplacés par des appareils de forage hydraulique.

A moins que de nouveaux produits ne soient mis au point, ou fabriqués sous licence, au Canada, il y aura au cours des années 80 un ralentissement marqué de la croissance des exportations de machines de forage destinées à des exploitations souterraines.

D. Marchés dans de nouvelles mines possibles

Le développement et la production de nouvelles mines au cours des années à venir ouvriront vraisemblablement de nouveaux débouchés aux fabricants canadiens.

D.1 Matériel pour exploration minérale

On ne pense pas que l'ouverture de nouvelles mines au cours des prochaines années élargira sensiblement le marché des foreuses au diamant et des autres machines de forage d'exploration, pour la simple raison que les entrepreneurs en forage du Canada travaillent nettement en-deçà de leur capacité depuis un certain temps.

D.2 Matériel pour nouvelles mines à ciel ouvert

Le tableau 10 indique le nombre de nouvelles mines à ciel ouvert qui pourraient être mises en production entre 1984 et 1990, selon deux hypothèses concernant le taux de croissance économique. On suppose qu'à partir de 1983, la production minière canadienne reviendrait aux niveaux qu'elle a connus en 1979 et 1980, pour ensuite, soit:

i) s'accroître au taux modéré de 2 % par année (en moyenne), soit

ii) s'accroître à un taux optimiste de l'ordre de 4 à 6 % par année. (Elle serait alors proche des taux de croissance qu'elle a connus au cours des années 50 et 60.)

Comme on peut le voir dans le tableau 11, le marché canadien des appareils de forage et de leurs pièces pour nouvelles mines à ciel ouvert se situera entre 6,6 M$ (hypothèse de croissance modérée) et 16,1 M$ (hypothèse de croissance optimiste). Le marché du matériel de forage pour mines à ciel ouvert pour toute la période de sept ans allant jusqu'à 1990 se situera vraisemblablement entre 38,5 M$ (hypothèse de croissance modérée) et 69,4 M$ (hypothèse de croissance optimiste). Près de la moitié de ce marché serait constitué de matériel nouveau, et le reste de pièces de rechange.

Tout le matériel de forage rotatif en question ne serait pas neuf; durant les premières années, en particulier, environ 10 % des acquisitions prévues pour l'ensemble de la période pourraient provenir des mines de fer et d'amiante à ciel ouvert qui ont fermé au début des années 80.

D.3 Matériel pour nouvelles mines souterraines

Le tableau 10 indique le nombre approximatif de mines souterraines qui ouvriront jusqu'en 1990.

Le tableau 12 indique qu'en 1990, le marché se situera entre 28,6 M$ et 53,2 M$. Le marché du matériel de forage souterrain pour l'ensemble de la période de sept ans se situerait entre 130 M$ (hypothèse de croissance modérée) et 215 M$ (hypothèse de croissance optimiste). Près des deux tiers de ce total seraient constitués de matériel nouveau, le reste de pièces de rechange.

E. Perspectives d'avenir

Le tableau 13 compare le marché actuel des machines et du matériel de forage à celui que l'on prévoit pour 1990. D'après notre expérience, nous pensons qu'une partie importante (environ les deux tiers) de ces marchés continuera d'être desservie par du matériel importé.

Les exportations demeureront importantes pour les fabricants canadiens. Nulle estimation n'a été faite de la taille des marchés mondiaux du matériel de forage dans l'avenir; les chiffres présentés dans le tableau 14 se limitent à une estimation des ventes réalisées en 1981 à des pays étrangers et à la valeur des ventes possibles d'ici à 1990 telle qu'elle est estimée par l'auteur.

TABLEAU 10

Nombre de gisements qui pourraient être mis en production au Canada, 1984 à 1990

		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Dans l'hypothèse d'une croissance modérée								
Mines à ciel ouvert	- en deçà de 5 000 t/j	2	1	3	1	2	0	1
	5 000 à 25 000 t/j	0	0	0	0	1	1	0
	plus de 25 000 t/j	0	0	0	0	0	0	0
Mines souterraines	- en deçà de 1 000 t/j	12	14	13	3	9	1	0
	1 000 à 4 000 t/j	0	3	1	1	1	0	1
	plus de 4 000 t/j	0	0	1	0	0	1	1
Dans l'hypothèse d'une croissance optimiste								
Mines à ciel ouvert	- en deçà de 5 000 t/j	3	1	3	2	2	0	3
	5 000 à 25 000 t/j	0	0	1	2	1	3	0
	plus de 25 000 t/j	0	0	0	0	0	1	1
Mines souterraines	- en deçà de 1 000 t/j	13	14	14	3	10	1	1
	1 000 à 4 000 t/j	0	5	3	4	3	1	1
	plus de 4 000 t/j	0	0	1	2	0	1	3

TABLEAU 11

Demande estimative de matériel de forage dans de nouvelles mines à ciel ouvert au Canada, 1984 à 1990

	1984	1985	1967	1987	1988	1989	1990	(1984-1990)
	(millions de $ 1981)							
Hypothèse de croissance modérée								
Nouvelles machines	,9	2,1	4,7	1,3	4,7	1,8	0,6	18,0
Remplacements	-	-	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	1,0
Pièces de rechange	-	-	1,9	2,9	3,7	4,8	5,7	19,5
Total	,9	2,1	6,7	4,4	8,6	6,8	6,6	38,5
Hypothèse de croissance optimiste								
Nouvelles machines	,7	2,1	6,9	6,8	4,7	7,9	6,0	38,1
Remplacements	-	-	0,1	0,5	0,4	0,6	0,5	2,1
Pièces de rechange	-	-	2,4	3,7	5,9	7,6	9,6	29,2
Total	,7	2,1	9,4	11,0	11,0	16,1	16,1	69,4

-: néant.

TABLEAU 12

Demande estimative de matériel de forage
dans de nouvelles mines souterraines au Canada, 1984 à 1990

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	(1984-1990)
	(millions de $ de 1981)							
Hypothèse de croissance modérée								
Nouvelles machines	9,0	11,9	14,4	7,6	14,0	7,4	8,7	73,0
Remplacements	-	-	-	2,4	3,9	4,4	5,3	16,0
Pièces de rechange	-	0,2	2,1	5,1	8,7	11,4	14,6	42,1
Total	9,0	12,1	16,5	15,1	26,6	23,2	28,6	131,1
Hypothèse de croissance optimiste								
Nouvelles machines	9,3	14,0	23,3	25,7	29,5	10,2	21,5	133,5
Remplacements	-	-	-	2,7	4,3	6,3	9,0	22,3
Pièces de rechange	-	0,2	2,3	5,7	11,3	18,5	22,7	60,7
Total	9,3	14,2	25,6	34,1	45,1	35,0	53,2	216,5

-: néant.

TABLEAU 13

Valeur estimative des marchés de machines de forage et pièces au Canada, 1981 et 1990

Catégories	1981	1990
	(millions de $ de 1981)	
Exploration minérale	28	35
Mines à ciel ouvert		
mines existantes	70	102
nouvelles mines possibles		7[1] - 16[2]
Mines souterraines		
mines existantes	161	250
nouvelles mines possibles		29[1] - 53[2]
Total	259	423[1] - 456

[1] Hypothèse de croissance modérée. [2] Hypothèse de croissance optimiste.

TABLEAU 14

Estimation des exportations actuelles et futures de machines et de matériel de forage, au Canada

Destination du matériel	1981	1990
	(millions de $ de 1981)	
Exploration minérale	11	16
Mines à ciel ouvert	2	)
		) 64
Mines souterraines	47	)
Total	60	80

CHAPITRE IV. POSSIBILITÉS DE FABRICATION DE MATÉRIEL DE FORAGE

Dans les sections suivantes, l'auteur nomme les types de matériel de forage qui, selon lui, ont le plus de chances d'être fabriqués au Canada, en tenant compte des observations formulées dans les chapitres précédents.

A. Pour l'exploration minérale

Des entreprises canadiennes pourraient concevoir et fabriquer des foreuses au diamant hydrostatiques capables de: a) forer des trous d'exploration à ciel ouvert de 600 m, 1 200 m et 1 800 m de profondeur; et b) forer des trous d'exploration souterraine de 48 mm de diamètre et de 300 m de longueur.

Les installations nécessaires à la fabrication de ce genre de matériel existent déjà au Canada. Il pourrait s'agir de nouveaux modèles et de nouveaux brevets, ou encore d'appareils fabriqués sous licence, auquel cas il faudrait obtenir l'accord du détenteur de brevet étranger.

B. Pour mines à ciel ouvert

Actuellement, le percement des trous de mine dans les mines à ciel ouvert canadiennes s'effectue surtout à l'aide de lourdes foreuses rotatives (à tête motrice de mât) de diverses tailles, qui sont toutes importées.

Comme nous le mentionnons dans le chapitre II, les foreuses rotatives lourdes du genre que l'on fabrique aujourd'hui devraient être de moins en moins utilisées si le matériel plus léger et plus polyvalent sorti depuis peu des usines européennes, utilisant des foreuses à marteau plongeur, inspire les exploitants canadiens des mines à ciel ouvert à adapter la dernière méthode européenne d'exploitation aux conditions canadiennes.

De l'avis de l'auteur, une occasion remarquable dans la production du matériel de forage pour l'exploitation des mines à ciel ouvert peut se trouver dans la fabrication des appareils sur chenilles, à commande hydraulique et à marteau de mât capables de forer des trous jusqu'à 300 mm. L'apparition d'une perforatrice de ce genre (Tamrock) pour le forage des trous variant de 170 à 230 mm représente une étape importante dans cette direction. Dans les pays scandinaves, la vitesse d'avancement pour le forage de production en granite dur est de un mètre par minute.

De sérieuses considérations devraient être accordées à l'industrie canadienne pour la fabrication d'un appareil de forage à marteau plongeur de poids léger, de ses marteaux plongeurs et de ses outils percutants, capables de forer des trous dont le diamètre se situe entre 251 et 311 mm, soit l'intervalle le plus utilisé dans les mines à ciel ouvert.

La technique de forage par marteau plongeur a déjà été mise en oeuvre avec succès au Canada pour le forage des trous de mine, mais l'utilisation de cette méthode est beaucoup plus avancée en Europe. Elle aurait de nombreuses autres applications possibles dans l'exploitation minière. Comme elle n'a pas besoin de la poussée considérable qu'exige une foreuse rotative, elle s'accommoderait d'un véhicule léger, moins coûteux et très mobile. La méthode du marteau plongeur prolonge la durée de l'outil de forage et offre une vitesse d'avancement plus élevée en roche dure, à n'importe quelle profondeur; de plus, dans les terrains où alternent roche dure et formations tendres, elle s'avère plus efficace que le matériel rotatif.

La vitesse d'avancement du marteau plongeur s'accroît avec le diamètre du trou foré. Étant donné que la poussée exercée sur le marteau à partir de la surface est minime, cette méthode produit généralement des trous plus droits que ne le fait la méthode de forage rotatif. Elle peut également forer des trous sous un angle supérieur à 30 degrés, ce qui est souvent souhaitable mais impossible à réaliser au moyen du forage rotatif.

Ce genre de matériel n'est actuellement pas produit au Canada. Des foreuses à marteau plongeur pourraient être soit conçues et produites au Canada par des fabricants déjà établis, soit fabriquées sous licence (avec l'accord du détenteur de brevet étranger).

C. Pour mines souterraines

Le matériel à marteau plongeur offre également des possibilités dans les mines souterraines, où il a déjà donné lieu à la mise au point d'une nouvelle méthode d'exploitation minière, celle du Vertical Crater Retreat ou VCR. Pour pouvoir utiliser des appareils de ce genre dans des mines souterraines, il faut disposer de transporteurs convenables et de marteaux de plus petit diamètre conçus pour forer des trous de 114 mm et de 165 mm, qui sont les diamètres usuels des trous de mine.

Le Canada ne produit pas non plus d'appareils de forage à marteau plongeur pour mines souterraines. Ce genre d'équipement pourrait être soit conçu et produit au Canada par des fabricants établis, soit fabriqué sous licence.

Les marteaux hydrauliques représentent un autre type de matériel de forage pour mines souterraines qui pourrait être fabriqué au Canada. Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre II, le marteau hydraulique est l'instrument le plus rapide pour percer des trous relativement courts, jusqu'à environ 100 mm de diamètre, dans des formations de roche dure, et l'introduction de cette technique marque le progrès le plus important accompli récemment dans le domaine du forage.

Étant donné que le Canada ne possède pour l'instant que très peu d'expertise dans le domaine du forage hydraulique, la meilleure façon de fabriquer lui-même ce genre de matériel serait de le produire sous licence ou en vertu d'un mandat qui serait accordé par une entreprise multinationale à sa filiale canadienne. Le mandat de production couvre généralement le développement du produit (recherche, développement et conception), sa production en vue des marchés internationaux et sa commercialisation internationale.

D. Possibilités à plus long terme qui exigent des travaux de recherche et de développement

Il y aurait lieu d'explorer des applications possibles, au Canada, des nouvelles méthodes de sondage de production qui sont actuellement à l'étude au United States Bureau of Mines.

Les sondages de production consistent à forer des trous de la surface jusqu'au gisement, à y descendre un appareil comprenant un système de fracturation de la roche par jet d'eau (ou un solvant chimique), puis à remonter le minerai en solution au moyen d'un système de pompage approprié. Cette méthode permet d'extraire les minéraux de:

i) gisements situés dans des milieux très délicats;

ii) petits gisements où l'emploi de méthodes minières traditionnelles serait trop coûteux;

iii) gisements d'uranium à très haute teneur (qui poseraient aux mineurs des problèmes d'exposition à la radioactivité); et

iv) sables bitumineux gisant à une grande profondeur.

Si les recherches venaient à déboucher sur la mise au point d'une large variété d'appareils fond-de-trou très spécialisés servant à fracturer ou à dissoudre divers minerais, il se créerait au Canada une capacité de fabrication de nouveau matériel minier destiné aux mines canadiennes, qui offrirait également des possibilités d'exportation intéressantes.

CHAPITRE V. RECOMMANDATIONS

A. Recommandations au sujet des appareils fabriqués au Canada

Il est recommandé que le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources amorce des consultations avec d'autres ministères et organismes (comme le ministère de l'Expansion économique régionale, le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie, l'Agence canadienne de développement industriel et le ministère de l'Industrie et du Commerce), avec le Centre for Resource Machinery de l'Ontario, l'Association minière du Canada et des fabricants de matériel minier, pour discuter de la possibilité de fabriquer, au Canada, les genres de matériel que voici:

- Foreuses à marteau plongeur électriques-hydrauliques mécanisées, montées sur des transporteurs appropriés, et marteaux pneumatiques à haute pression d'air, pour percer des trous de 114 et 165 mm de diamètre jusqu'une profondeur de 150 mètres, dans les mines souterraines.

  Possibilités: a) conception et fabrication d'un produit entièrement canadien;
  b) fabrication sous licence.

- Appareils de forage percutant complets avec marteaux hydrauliques, surtout, au début, pour le développement et la production des mines souterraines.

  Possibilités de fabrication de marteaux hydrauliques:
  a) fabrication sous licence;
  b) mise au point, fabrication et commercialisation du produit au moyen d'un mandat de production accordé par une entreprise multinationale.

- Appareils à marteau plongeur diesel-hydrauliques de poids léger et marteaux pneumatiques à haute pression d'air, capables de forer des trous de 251 mm à 311 mm de diamètre, dans les mines à ciel ouvert.

  Possibilités: a) conception et fabrication d'un produit entièrement canadien;
  b) fabrication sous licence, avec l'accord d'un fabricant étranger.

- Foreuses au diamant entièrement hydrauliques (hydrostatiques), pouvant forer jusqu'à des profondeurs de 600 m, 1 200 m et 1 800 m, et foreuses semblables pouvant percer des trous de 48 mm de diamètre et de 300 m de longueur, pour l'exploration minérale.

  Possibilités: a) conception et fabrication d'un produit entièrement canadien;
  b) fabrication sous licence.

- fabrication des autres pièces d'équipement (transporteurs, systèmes hydrauliques, tiges de forage et outils de forage). pourrait être faite par des entreprises canadiennes déjà établies.

- pièces, pièces de rechange et pièces renouvelables (tiges de forage et outils de forage pour tous les types de foreuses utilisées au Canada).

B. Possibilités en matière de recherche et développement et recommendations

La mise sur pied, au Canada, d'une industrie de fabrication du matériel de forage dépendra de l'application des nouvelles techniques. Étant donné ses dimensions actuelles et son potentiel d'expansion, l'industrie minière canadienne devrait constituer un marché favorable pour du matériel de forage conçu spécialement pour répondre à ses besoins. Pour qu'une industrie canadienne de fabrication du matériel de forage puisse se développer et survivre, elle devra s'appuyer sur toute une série de travaux de recherche et de développement à court, moyen et long terme.

Les projets de recherche et de développement visant à augmenter, à court terme (1 à 5 ans), le contenu canadien dans le domaine du forage devraient porter sur:

i) les outils de forage non récupérables et les trépans
ii) les techniques de contrôle et l'automatisation.

Les outils de forage non récupérables et les trépans se vendent facilement, quel qu'en soit le fabricant original. A l'heure actuelle, les commandes de la plupart des foreuses sont rudimentaires. Des dispositifs, tels que des nécessaires de conversion, adaptables aux fleurets standards pourraient susciter un intérêt immédiat sur le marché, du fait qu'ils pourraient améliorer le rendement de forage (par ex.: automatisation des opérations de manoeuvre de la tige de forage).

A moyen terme (5 à 10 ans), les projets de recherche et de développement devraient avoir comme objectif de donner à l'industrie la capacité de produire l'ensemble des outils de forage pour ainsi réduire, sinon éliminer, les importations. Il faudra donc développer la compétence canadienne dans le domaine des rouages d'entraînement de foreuse et poursuivre les efforts dans celui des techniques de contrôle. Ce sont les travaux portant sur les marteaux perforateurs à air comprimé et sur les foreuses hydrauliques à percussion utilisés dans les mines souterraines de roches dures qui devraient donner les meilleurs résultats.

A long terme (10 ans et plus), l'avenir des techniques de forage est lié aux progrès qui seront réalisés dans le domaine de l'extraction minière, particulièrement en ce qui a trait aux méthodes d'exploitation des mines souterraines par abattage en masse qui pourraient modifier radicalement le rôle du forage et les besoins à cet égard. Les travaux de recherche et de développement actuellement en cours dans le domaine minier visent principalement à améliorer les opérations cycliques classiques, soit le forage, le sautage, le déblayage et les travaux de soutènement. L'utilisation de robots télécommandés, des méthodes d'extraction mécanique en continu, la lixiviation sur place et l'extraction au moyen de solutions font actuellement l'objet de recherches. Les résultats de ces travaux pourraient entraîner des changements radicaux dans les méthodes de forage de l'industrie. Il faudra de plus mettre au point des techniques et du matériel qui rendront possible l'application de ces nouvelles méthodes d'exploitation. Actuellement, l'extraction mécanique, soit au moyen de mineurs en continu, de foreuses de montage ou de machines à creuser les galeries, est fondée sur le procédé de forage par rotation. L'injection d'eau à forte pression devrait permettre d'appliquer cette technique à la roche dure.

Des concepts moins classiques d'abattage de la roche, tels que l'abattage par laser ou ultra-sons et le perçage par méthode thermique, méritent d'être étudiés comme des éléments à risques élevés dans un programme de recherche et de développement à long terme.

L'amélioration de la productivité globale passe aussi par l'augmentation du rendement des forages d'exploration. Il faut absolument trouver des moyens moins coûteux de cueillette des données géologiques de base. A court et à long termes, les travaux de recherche et de développement dans ce domaine devraient porter sur:

i) La mise au point de techniques économiques de forage mural qui permettraient d'avoir plus rapidement accès aux zones minéralisées (qui pourraient quand même être corottées); et

ii) la mise au point de méthodes de trous de sonde permettant d'obtenir des données géophysiques de manière à reduire encore plus le besoin de récupérer les carottes.

BIBLIOGRAPHIE

1) Anderson, R., Technical Gain May Outstrip Importance of R and D Role. In: Globe and Mail, 25 mars 1983, p. B-2.

2) Atlas Copco MCT AB, Guide to Underground Mining Methods and Applications, n° 150736, Stockholm, Suède, Atlas Copco MCT AB, 1980, 39 p.

3) Bullock, R.L., Industry-wide Trend Toward All-Hydraulically Powered Rock Drills, Mining Congress Journal, vol. 60, n° 10, octobre 1974, p. 54-65.

4) Bullock, R.L., Technological Review of the All-hydraulic Rock Drills, document présenté à l'occasion de l'assemblée annuelle de l'American Intitute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, N.Y., 16-20 février 1975, préimpression n° 75-AV-42, 42 p.

5) Burgess, R.D., New Diamond Products for Drilling Industry, General Electric Company, Programmes de forage au diamant, Worthington, Ohio, États-Unis, 17 août 1982, 19 p.

6) Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources Canada, Mineral Policy: Discussion paper, rapport MP81-1E, 1982, 157 p.

7) Ministère de l'Industrie et du Commerce, Analyse du secteur des machines et du matériel d'exploitation minière au Canada, mars 1982, 46 p.

8) Statistique Canada, Exportations - Commerce de marchandises, exportations par marchandises, catalogue 65-202, publication annuelle, 1981, 1158 p.

9) Statistique Canada, Importations - Commerce de marchandises, importations par marchandises, catalogue 65-207, publication annuelle, 1981, 1847 p.

10) Dyck, A.V. Borehole Geophysics Applied to Metallic Mineral Prospecting: A Review, Commission géologique du Canada, rapport 75-31, 1975, 67 p.

11) Fish, R., Canadian Mining Journal Reference Manual and Buyers Guide 1981, 90e édition, Southam Business Publications, Westmount, Québec, 1981, 195 p.

12) Geller, L.B., A Review of Diamond Drilling R&D Contracts Funded in 1973 to 1982 by the Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), rapport MRP/MRL 82-41 (OP), 43 p.

13) Halifax Tool Co. Ltd, Down the Hole Hammers, document présenté à l'occasion d'une assemblée de la British Drilling Association, en septembre 1977, Edward Wells & Sons (TU) Ltd., Londres, Angleterre, 12 p.

14) Halifax Tool Co. Ltd., Hydraulic Drills in Open-cast. Colliery Guardian, vol. 228, n° 2, février 1980, p. 62-66.

15) Killeen, P.G., An Overview of the Calibration Facilities and Research Activities in Borehole Geophysics at the Geological Survey of Canada, document présenté à l'occasion de l'atelier interrégional des Nations unies sur le forage dans l'industrie des minéraux, Sudbury, Ontario, du 15 au 27 août 1982, 18 p.

16) Knoke, G.S. et Archibald, W.R., Borehole mining: An Environmental Compatible Method for Mining Oil Sands, United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Flow Technology Report No. 161, Washington, D.C.,États-Unis, février 1980, 107 p..

17) Équipe du Mining Journal, Surface mining:: New Blast Hole Drill, Mining Journal, vol. 299, n° 7680, 29 octobre 1982, p. 307.

18) Équipe du Mining Magazine, Air-powered Bock Drills Reviewed, Mining Magazine vol. 140, no° 4, avril 1979, p. 324-329.

19) Molke-Ude, R., Development Trends in Diamond Drilling, document présenté à l'occasion de l'atelier interrégional des Nations Unies sur le forage dans l'industrie des minéraux, Sudbury, Ontario, du 15 au 27 août 1982, 8 p.

20) Muirhead, I.R. et Pathak, Development Trends in Underground Metal Mining Equipment, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET), rapport ERD/MRL 82-48 (OP), avril 1982, 109 p., p. 11-24.

21) Weekly, L.A., A Cost and Performance Comparison of Hydraulic Drills, Mining Engineering, vol. 32, n° 10, octobre 1979, p. 1447-1454.

CATALOGUES DE PRODUITS

		Titre(s)
A.	**Matériel de forage pour exploration minérale**	
1)	Acker Drill Company Inc. Box 830 Scranton, Pa., 18501 États-Unis	Acker Drill Catalog
2)	Atlas Copco Canada Inc. 745, boul. Montréal-Toronto Dorval (Qué.) H9S 1A3	Atlas Copco Manual
3)	Boart Canada Inc. 1155 Speers Rd. Oakville (Ont.) L6L 2X5	Boart International
4)	Boyles Operations Dresser Canada Inc. 256 Hughes Rd., Box 460 Orillia (Ont.) L3V 6K3	Boyles Diamond Drilling Equipment: Product Catalog
5)	Christensen Diamin Tools Inc. 4446 West 1730 South P.O. Box 30777 Salt Lake City, Utah, 84130 États-Unis	Christensen Diamin Tools
6)	Drill Systems Inc. 111 - 58th Ave. S.W. Calgary (Alb.) T2H 0A3	Drill Systems AP 1000
7)	Longyear Canada Inc. Casier 330 North Bay (Ont.)	Diamond Drilling Equipment
8)	J.K. Smit & Sons Diamond Products Limited 81 Tycos Drive Toronto (Ont.) M6B 1W5	J.K. Smit Diamond Drilling Products
9)	Van Moppes - IDP Limited Tuffley Cres. Gloucester GL1 5NG Angleterre	Diamond Core Bits for Mining & Exploration

10)	Wheel Trueing Tool Company of Canada Limited (Société affiliée de la Diamond Boart Group) 575 Langlois Ave. Windsor (Ont.) N9A 6J5	Exploration Drilling Products and Equipment

B. **Matériel de forage pour mines à ciel ouvert**

1)	Atlas Copco MCT AB 745, boul. Montréal-Toronto Dorval (Qué.)	Rotomac 1702 " 1802 Rotomec 2202
2)	Bucyrus-Erie Co. of Canada, Ltd. 5070 Dixie Rd. Mississauga (Ont.) L4W 1C9	45 R 60-R/61-R Blast Hole Drills
3)	Driltech Inc. P.O. Box 338 Alachua, Floride, 32615 États-Unis	D25 KII D40 KII D80 KII Blast Hole Drills
4)	Halifax Tool Co. Ltd. Southowram, Halifax Angleterre	Mach 6 Down-the-hole hammer Halcotrack 625
5)	Ingersoll-Rand Canada Inc. Rock Drill Division Phillipsburg, New Jersey, 08865, États-Unis	The Hole Story of Downhole Drilling Rotary Drillmasters
6)	Hughes Tool Company (Canada) Ltd. Industrial Products Division P.O. Box 2539 Houston, Texas, 77001, États-Unis	Hughes Blast Hole Bits
7)	Joy Manufacturing Company (Canada) Limited Dundas & Beverly Sts. C.P. 100 Cambridge (Ont.) N1R 5T4	Heavy Machinery for Mining and Construction Industries
8)	Marion Power Shovel Division Dresser Industries, Inc. P.O. Box 505 Marion, Ohio, 43302, États-Unis	Rotary Blast Hole Drills M-2 & M-3 Rotary Blast Hole Drills

9)	Salzgitter Maschinen und Anlagen AG Windmühlenbergstrasse 20-22, Salzgitter-Bad Allemagne de l'Ouest	Machines et matériel miniers
10)	Stenuick Frères National Compressed Air C.P. 431 Copper Cliff (Ont.) P0M 1N0	i) Marteaux: S.551. S.551.W., S.551.E ii) Stenuick Down-the-hole hammers iii) Stenuick Minitrack iv) Stenuick Perfotrack
11)	Trand Rock Bit International Ltd. 524 Culdothel Rd. Victoria (C.-B.) V8Z 1G1	The Journal Bushing Bit

C. **Matériel de forage pour mines souterraines**

1)	Atlas Copco Canada Inc. 745, boul. Montréal-Toronto Dorval (Qué.) H9J 1A3	Divers jumbos de développement et perforatrices de production
2)	Atlas Steels Company Limited Welland (Ont.)	Atlas Rock Drill Steels
3)	Boart Canada Inc. 2442 South Sheridan Way Mississauga (Ont.) L5J 2M7	Bits
4)	Ingersoll-Rand Canada Inc. 630, boul. Dorchester Ouest Montréal (Qué.) H3B 1S6	Divers: matériel de forage souterrain mécanisé
5)	Joy Manufacturing Company (Canada) Limited Dundas & Beverly Sts. Cambridge (Ont.) N1R 5T4	Divers: matériel de forage souterrain mécanisé
6)	Kenrock Tools Inc. 3370 Dundas St. W. Toronto (Ont.) M6S 2S2	Tapered Bits and Accessories
7)	Tamrock Canada Inc. 100 Magill St. Copper Cliff (Ont.) P0M 1N0	Divers: matériel de forage souterrain mécanisé

ANNEXE

MATÉRIEL DE FORAGE EMPLOYÉ DANS DES MINES SOUTERRAINES DU CANADA, PAR PAYS D'ORIGINE ET FABRICANTS

NOTA: Dans cette annexe sont énumérés les types de matériel en usage au Canada dans les mines souterraines, ainsi que les pays d'où ils sont importés. Les tableaux ne sont basés que sur l'information publiée et sont loin d'être complets.

SOURCE: Canadian Mining Journal Reference Manual and Buyers' Guide, éditions de 1979, 1980 et 1981.

Matériel de forage employé dans les mines souterraines du Canada, par pays d'origine et fabricants[1]

PAYS D'ORIGINE:		Canada			Finlande		France	Afrique du Sud	Suède				
FABRICANT:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Montabert	Secan	Atlas Copco				Alimak
Société minière	Nom de la mine	Stopers Béquilles pneumatiques	Transporteurs de jumbo	"Long Tom" Béquilles pneumatiques	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos
Agnico-Eagle Mines Limited	Au Div.							X					
" " "	Ag Div.	X											
Ressources Aiguebelle Inc.	Mines d'Est-or												
Algoma Steel Corporation, Limited, The	G.W. MacLeod		X					X		X		X	
Société Asbestos Limitée	King												
B.C. Coal Ltd.	Balmer												
Les Mines d'Amiante Bell, Ltée	Bell												
Les Mines Belmoral Ltée	Fenderber												

Brunswick Mining and Smelting Corporation Limited	Nos 6 et 12	X	1		X	1						2		
Cadillac Explorations Limited	Prairie Creek													
Camflo Mines Limited	Camflo	X						X		1				
Campbell Red Lake Mines Limited				1				X						
Les Mines Camchib Inc.	Cedar Bay	X						X						
" " "	Guillin Lake													
" " "	Henderson							X						
" " "	Norbeau													
Canada Talc Limited	Madoc													
Canada Tungsten Mining Corporation Limited									X			X		
Canada Wide Mines Ltd.	Grandac													
CGC Inc.	Hagersville													
La Société Canadienne de Sel, Limitée	Ojibway													
" " "	Windsor													
Canmore Mines, Limited, The	Canmore													

Société de développement du cap-Breton	Lingan						
" " "	N° 26						
" " "	Prince						
Carolin Mines Ltd.	Idaho Zone						
Century Coals Limited	Atlas						
Cominco Ltée	Con	1			X	1	1
" "	Polaris						
" "	Sullivan			X	X	1	
Consolidated Durham Mines & Resources Limited				X			
Consolidated Louvre Gold Mines Limited	Louvre						
Corporation Falconbridge Copper	Coake						
" "	Corbet						
" "	Perry			X			
" "	Springer			X			

[1] Ce tableau, qui ne prétend aucunement englober tout le matériel de forage utilisé dans des mines souterraines au Canada, a été établi d'après l'information parue dans les éditions de 1979, 1980 et 1981 du Canadian Mining Journal Reference Manual and Buyers' Guide.

X: plus de 2 machines.

PAYS D'ORIGINE:		E.-U.													
FABRICANT:		Dresser	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robb	
Société minière	Nom de la Mine	Foreuses de montages	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses de montages	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Upper Foreuses sur chariot	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses rotatives	Marteaux plongeurs	Foreuses de montages	
Agnico-Eagle Mines Limited	Au Div.														
" " "	Ag Div.														
Ressources Aiguebelle Inc.	Mines d'Est-or														
Algoma Steel Corporation, Limited, The	C.M. Montcalm					1		1							
Société Asbestos Limitée	Bell														
B.C. Coal Ltd.	Balmer														
Les Mines d'Asbeste Bell, Ltée	Bell														
Les Mines Belmoral Ltée	Fordorbar														
Brunswick Mining and Smelting Corporation Limited	N^os 6 et 12	2			1										

Cadillac Explorations Limited	Prairie Creek		
Canfo Mines Limited	Canfo	X	
Campbell Red Lake Mines Limited			
Canadian Mines Inc.	Cedar Bay		
" " "	Quillon Lake		
" " "	Henderson		X
" " "	Norbeau		
Canada Talc Limited	Hudson		
Canada Tungsten Mining Corporation Limited		X	X
Canada Wide Mines Ltd.	Granduc		
CEC Inc.	Hagarsville		
La Société Canadienne du Sel, Limitée	Ojibway		
" " " "	Windsor		
Cassiar Mines, Limited, The	Cassiar		
Société de développement du Cap-Breton	Lingan		
" " "	Ile Madame		
" " "	Prince		

Carolin Mines Ltd.		Idaho Zone									
Century Coals Limited		Atlas									
Cominco Ltd.		Con						2		1	
"	"	Polaris									
"	"	Sullivan	X	1							
Consolidated Durham Mines & Resources Limited			X								
Consolidated Lacorne Gold Mines Limited		Lacorne									
Corporation Falconbridge Copper		Combo									
"	"	Corbet									
"	"	Perry	X	X	X				X	X	
"	"	Springer	X	X	X				X	X	

PAYS D'ORIGINE:		Canada			Finlande		France	Afrique du Sud	Suède				
FABRICANT:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Montabert	Secoma	Atlas Copco				Atlas
Société minière	Nom de la mine	Stopers Béquilles pneumatiques	Transporteurs du jumbo	"Long Ian" Béquilles pneumatiques	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos
Cullaton Lake Gold Mines Ltd.	Cullaton Lake												
Denison Mines Limited	Elliot Lake	1						X					
Dickenson Mines Limited	Dickenson												
" " "	Silverw												
Dome Mines, Limited	Dome			1									
Dunlor Inc.	Caledonia												
" "	Goderich												
" "	Unity												
Dresser Canada, Inc.	Elmor												
La Société d'Exploration Du Pont du Canada Limitée	Baker												

Echo Bay Mines Ltd.		Lupin														
Ericsson Gold Mines Ltd.		Ericsson Creek														
Evenc Coal Mines Ltd.		St. Rose														
Ressources Aiguebelle Inc.		Mine d'Est-or														
Falconbridge Limitée		East Mine														
"	"	Falconbridge	X		X									X		
"	"	Fecunis North			1											
"	"	Fraser	X		X	X	X						X			
"	"	Lockerby		1	1						1	1				
"	"	Onaping-Craig														
"	"	Strathcona				X	1							1		
Les Mines de Cuivre Gaspé, Limitée		Needle Mtn.		1								1				
Giant Yellowknife Mines Limited				1										1		
Goldlund Mines Limited		Goldlund														
Heath Steele Mines Ltd.		Heath Steele		1				X		1						
La Compagnie Minière et Metallurgique de la Baie d'Hudson Limitée		Akasaki														
"	"	Anderson Lake		1				X								
"	"	Cabri														

"	"	Centennial						X	X			
"	"	Chisel Lake						X				
"	"	Flin Flon						X	X			
"	"	Ghost Lake						X				
"	"	Osborne Lake						X				
"	"	Spruce Point										
"	"	Stall Lake	X	1				X				
"	"	Trout Lake										
"	"	Westarm	X	2				X	X			
Inco Limited		Copper Cliff N		1				X			1	
"	"	Copper Cliff S		1			1					
"	"	Creen Hill		1			1					
"	"	Creighton #9		2	X	X	1				1	
"	"	Frood		2	X	X	1				1	
"	"	Garson										
"	"	Levack Central								1		
"	"	Little Stobie	X							1	1	1
"	"	McCreedy W.										

PAYS D'ORIGINE:		É. U.													
FABRICANT:		Dresser	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robbins
Société minière	Nom de la Mine	Foreuses de montagne	Stopers Drifters Béquilles pneumatique	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses de montagne	Stopers Drifters Béquilles pneumatique	Uppers Foreuses sur chariot	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses rotatives	Marteaux plongeurs	Foreuses de montagne
Culleton Lake Gold Mines Ltd.	Culleton Lake													
Denison Mines Limited	Elliot Lake		X	2	3									
Dickenson Mines Limited	Dickenson													
" " "	Silverio													
Dome Mines Limited	Dome								X	2				
Dorator Inc.	Caledonia													
" "	Goderich										X	X		
" "	Unity													
Dresser Canada, Inc.	Kilmer													
La Société d'Exploration Du Fort du Canada Limitée	Baker													
Echo Bay Mines Ltd.	Lupin													

Ericson Gold Mines Ltd.		Ericson Creek																	
Evans Coal Mines Ltd.		St. Rose																	
Falconbridge Limitée		Fast Mine																	
"	"	Falconbridge		X		1								X				X	
"	"	Facuna North												X					
"	"	Fraser				X		X				X		X		X			
"	"	Lockerby				X						X		X					
"	"	Shaping-Craig																	
"	"	Strathcona												X		X		X	
Les Mines de Cuivre Gaspé, Limitée		Needle Mtn.								1				X			1		
Giant Yellowknife Mines Limited														X		X		1	
Goldlund Mines Limited		Goldlund																	
Heath Steele Mines Ltd.		Heath Steele		1		X		1		1								1	
La Compagnie Minière et Métallurgique de la Baie d'Hudson Limitée		Alcona																	
"	"	Anderson Lake				X													
"	"	Cabot																	
"	"	Centennial				X													
"	"	Chisel Lake						1		1		1							

"	"	Flin Flon											
"	"	Ghost Lake	X		1	1							
"	"	Osborne Lake	X		1	1							
"	"	Spruce Point											
"	"	Stall Lake	X		1				1				
"	"	Trout Lake								1			1
"	"	Westarm											
Inco Limited		Copper Cliff N		1									1
"	"	Copper Cliff S		1	1	1							
"	"	Crean Hill											1
"	"	Creighton #9		1	1		2						1
"	"	Frood			1					1			1
"	"	Garson		1				X	1	1			2
"	"	Levack Central		1	X			X	1	1			1
"	"	Little Stobie	X		X			X			X	X	2
"	"	McCreedy W.											

PAYS D'ORIGINE:		Canada			Finlande		France	Afrique du Sud	Suède				
FABRICANT:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Montabert	Secoa	Atlas Copco				Almak
Société minière	Nom de la mine	Stopers Béquilles pneumatique	Transporteurs de jumbo	"Long Ram" Béquilles pneumatique	Stopers Drifters Béquilles pneumatique	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Béquilles pneumatique	Stopers Drifters Béquilles pneumatique	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos
Inco Limitée (suite)	Shebandowan												
" "	Stobie							X					
" "	Thompson												
Kerr Addison Mines Ltd.													
Kidd Creek Mines Ltd.	Kidd Creek #2												
Kiena Gold Mines Ltd.													
Les Mineraie Ltd.	Beaupré												
Les Mines Selbaie	Selbaie												
Les Mines Madeleine Ltée													
Matthews Mines Limited	Sturgeon Lake	1						X			1		
McIntyre Mines Limited	Smoky River												

Mosquito Creek Gold Mining Company Limited, The	Mosquito Creek						
Lac Exploration Mussocho Limitée	Montauban						
Noranda Mines Ltd. (Private)							
Newfoundland Zinc Mines Limited							
Noranda Mines Limitée	Chadbourne						
" " "	Gaco Div.						
" " "	Goldstream						
" " "	Lyon Lake						
" " "	Mattagami						
" " "	Norita						
" " "	Orchan	2	2		X	1	1
Northair Mines Ltd.	Scottie						
Northgate Patino Mines Inc.	Copper Rand			X		1	
" " "	Portage						
Mines Panour Porcupine, Limitée	Hollinger						
" " "	Hoyle						
" " "	Panour 1 Div.				X	1	

" " "	Ross						
" " "	Schumacher Div.			X	X		
Potash Company of America	Saskatoon						
Potash Corporation of Saskatchewan	Allan						
" " "	Cory						
" " "	Lanigan						
" " "	Rocanville Div.						
Quebec Sturgeon River Mines Limited	Bachelor Lake						
Renable Mines (1981) Limited	Renable						
Rio Algom Limitée	Panel			X			2
River Hebert Coal Company Limited	River Hebert						
Les Mines Seleine Inc.	Seleine						
Sherritt Gordon Mines Limited	Fox	1				1	1
" " "	Rutten	1		X	X	X	1

PAYS D'ORIGINE:		É.-U.													
FABRICANT:		Dreeser	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robbins
Société minière	Nom de la Mine	Foreuses de montages	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses de montages	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Upper Foreuses sur chariot	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses rotatives	Marteaux plongeurs	Foreuses de montages
Inco Limitée (suite)	Shaberdowan							X	X					
" "	Stobie			X				X		1		1		1
" "	Thompson													
Kerr Addison Mines Ltd.							1			1				1
Kidd Creek Mines Ltd.	Kidd Creek #2			2	4	5				1	4			1
Kiena Gold Mines Ltd.														
Lac Minerals Ltd.	Beaupat													
Lac Minerals Ltd.	Solbec													
Lac Minerals Madeleine Ltée														
Mattabi Mines Limited	Sturgeon Lake													
McIntyre Mines Limited	Smoky River													
Mosquito Creek Gold Mining Company Limited, The	Mosquito Creek													

Les Explorations Muscocho Limitée	Montauban						
Nanisivik Mines Ltd. (Private)							
Newfoundland Zinc Mines Limited		X					
Mines Noranda Limitée	Chadbourne						
" " "	Geco Div.						
" " "	Goldstream		X			X	
" " "	Lyon Lake						
" " "	Mattagami						
" " "	Norita						
" " "	Orchan						
Northal: Mines Ltd.	Scottie						
Northgate Patino Mines Inc.	Copper Rand	X	X	X	X		
" " "	Portage						
Mines Pamour Porcupine Limitée	Hollinger	X					1
" " "	Hoyle						
" " "	Pamour 1 Div.	X					
" " "	Ross						
" " "	Schumacher Div.		X	1			

Potash Company of America	Saskatoon					
Potash Corporation of Saskatchewan	Allan					
" " "	Cory					
" " "	Lanigan					
" " "	Rosenville Div.					
Quebec Sturgeon River Mines Limited	Beehaler Lake					
Rambler Mines (1981) Limited	Rambler					
Rio Algom Limitée	Panel	X	X			
River Hebert Coal Company Limited	River Hebert					
Les Mines Soleine Inc.	Soleine					
Sherritt Gordon Mines Limited	Fox			1	2	
" " "	Sutton			1	1	

PAYS D'ORIGINE:		Canada			Finlande		France	Afrique du Sud	Suède				
FABRICANT:		C.I.R.	Jarvis Clark	Mac Wood	Tampella		Nordmbert	Secan	Atlas Copco				Alimak
Société minière	Nom de la mine	Stopers Béquilles pneumatiques	Transporteurs de jumbo	"Long Tom" Béquilles pneumatiques	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Jumbos	Jumbos	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos

Les Mines Sigma (Québec) Limitée

Taurus Resources Ltd.	Taurus
Corporation Teck	Beaverdell
" " "	Niobec
Terra Mines Ltd.	Silver Bear
[illegible] Limited	Pictou
Thorburn Mining Limited	Stellarton
Westfrob Mines Limited	Tasu
Ressources [illegible] Limitée	
[illegible] Industries Ltd.	[illegible]
" " "	Lynn-Myro
Willroy Mines Limited	[illegible] Div.

PAYS D'ORIGINE:		É.-U.													
FABRICANT:		Brunner	Gardner-Denver				Ingersoll-Rand		Joy				Mission	Robbins
Société minière	Nom de la Mine	Foreuses de montage	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Foreuses pneumatiques sur chenilles Appareils de forage en éventail Appareils de forage circulaire	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses de montage	Stopers Drifters Béquilles pneumatiques	Uppers Foreuses sur chariot	Jumbos	Foreuses à marteau plongeur Foreuses rotatives	Marteaux plongeurs	Foreuses de montage
Les Mines Sigma (Québec) Limitée				1	1									
Taurus Resources Ltd.	Taurus													
Cooperation Tech	Beaverdell						1							
" " "	Nadec													
Teck Mines Ltd.	Silver Bear													
Thomas Dougan Limited	Pictou													
Thorburn Mining Limited	Stellarton													
Westfield Mines Limited	Tedu			1	2				X					
Ressources Yorkman Limitée									X	1				
Yorkton Industries Ltd.	Drumbo													
" " "	Lynn-Myra													
Willroy Mines Limited	Manaco Div.			1										